

5925/11/11/93.

## TUGAS AKHIR

### STUDI PENDAHULUAN PLTA PARUNG BADAK DI KABUPATEN BOGOR - JAWA BARAT



PERPU... I C	
Tgl. Terima	16 NOV 1993
Terima Dari	#
No. Agenda Pzp.	1557 / A

855  
637.8  
Hen  
C-1  
1993

*Disusun oleh :*

**TONO HENDARTO**

388.310.0705

BIDANG STUDI HIDROTEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
S U R A B A Y A  
1993

# **TUGAS AKHIR**

## **STUDI PENDAHULUAN PLTA PARUNG BADAK DI KABUPATEN BOGOR - JAWA BARAT**

**Mengetahui / Menyetujui**

**Dosen Pembimbing**



**(Ir. NADJAJI ANWAR, M.Sc. )**

**BIDANG STUDI HIDROTEKNIK**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**S U R A B A Y A**

**1993**



JUDUL : STUDI PENDAHULUAN PLTA PARUNG BADAK  
DI KABUPATEN BOGOR - JAWA BARAT

Nama/NRP : Tono Hendarto / 388-310.0705

Tahun : 1992

## ABSTRAKSI

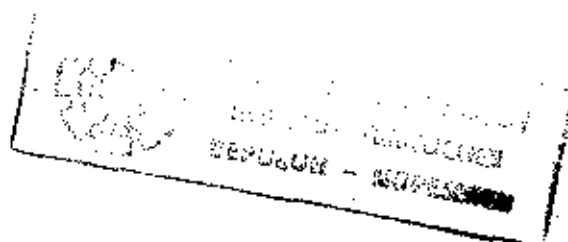
Guna menunjang usaha-usaha didalam mengatasi kekurangan air di wilayah JABOTABEK (JAKARTA-BOGOR-TANGERANG-BEKASI) hingga skala waktu tahun 2025, dan sejalan dengan perkembangan industri serta pertambahan penduduk yang makin meningkat, perlu segera mengadakan studi pendahuluan guna merencanakan pemanfaatan dan pengelolaan sumber-sumber air secara efisien.

Sungai Cisadane merupakan salah satu sungai yang potensial untuk dikembangkan sebagai sumber daya air untuk kepentingan manusia, baik dipergunakan sebagai air baku untuk air minum, irigasi, PLTA dan sebagainya. Untuk itu perlu diberikan alternatif, daerah mana yang paling cocok untuk pembangunan seduk.

Bendungan Parung Badak merupakan rencana alternatif dari tahanan air pada aliran Sungai Cisadane dengan debit sebesar  $73 \text{ m}^3/\text{det.}$ , yang dapat menampung air dalam jumlah besar yaitu 200 juta  $\text{m}^3$  air guna meregulasi 2500 juta  $\text{m}^3$  air per tahun. Tidak ada sungai-sungai lain yang menawarkan kemungkinan-kemungkinan tersebut pada kawasan Cisadane-Jakarta-Cibeet. Untuk merealisasi kemungkinan itu perlu studi, sehingga membuat tempat ini lebih menarik yang mana salah satunya sebagai pengembangan PLTA.

Pembangunan PLTA merupakan salah satu penunjang perkembangan industri selain tuntutan akan kebutuhan listrik akan semakin meningkat terutama di Pulau Jawa. Untuk itu perlu adanya studi pendahuluan, dengan maksud agar dapat diketahui secara pasti apakah dibangunnya PLTA pada waduk Parung Badak akan dapat menguntungkan atau tidak. Dimana hal itu perlu dibahas karena pembangunan selalu memerlukan dana dan mengingat bahwa dana tersebut merupakan dana pinjaman, maka untuk itu perlu dihitung lebih cermat lagi agar dana pinjaman dapat digunakan seefisien mungkin serta dapat dikembalikan tepat waktunya atau dapat diteruskan pada pembangunan proyek proyek lainnya.

Dengan adanya PLTA pada pembangunan waduk Parung Badak adalah merupakan salah satu sumbangan mengatasi kekurangan kebutuhan listrik di Pulau Jawa, khususnya di wilayah JABOTABEK dan sekitarnya.



## KATA PENGANTAR

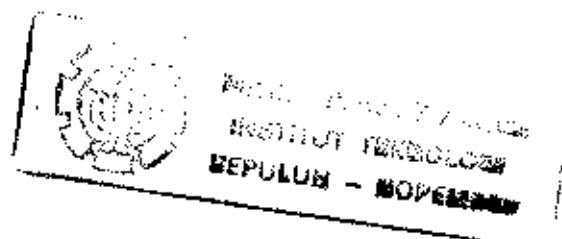
Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas kesehatan yang telah diberikan sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini disusun, untuk memenuhi persyaratan kurikuler yang harus ditempuh oleh setiap mahasiswa jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi 10 Nopember Surabaya dan selain itu sebagai bahan ujian bagi penulis untuk dapat menyusun dan merencanakan teori-teori yang didapat dibangku kuliah dan masalah yang ada dilapangan. Tugas Akhir ini mengambil judul "Studi Pendahuluan PLTA Parung Badak di Kabupaten Bogor - Jawa Barat".

Penulis menyadari bahwa apa yang dituangkan dalam tulisan ini masih sangat jauh dari kesempurnaan bila dibandingkan dengan kondisi-kondisi yang didapat dalam dunia Teknik Sipil. Namun penulis berharap setidaknya buku ini bisa menambah dan bermanfaat bagi penulis dan pembaca lainnya, paling tidak sebagai bahan perbandingan.

Dalam kesempatan ini penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya terutama kepada :

1. Ibu Ir. Anggrahini, MSc, yang telah memberikan arahan dalam pola berpikir untuk menyusun Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Nadjaji Anwar, MSc, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan petunjuk-



petunjuk serta saran-saran dalam Tugas Akhir.

3. Bapak Ir. Pinardi Koestalam, MSc, selaku dosen wali yang telah memberi semangat dalam menyelesaikan tugas akhir.
4. Teman-teman sejawat di PSSA Disadane-Jakarta-Cibeet, Direktorat Jendral Pengairan, Departemen PU didalam membantu dalam mendapatkan data-data dalam penyusunan Tugas Akhir
5. Rekan-rekan mahasiswa yang telah ikut serta memberikan dukungan moril dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat diharapkan guna lebih menyempurkan tugas akhir ini sehingga akan lebih baik dan sempurna dan semoga dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca lainnya.

KATA PENGANTAR .....	1
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR TABEL .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang .....	1.1
1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian Masalah .....	1.2
1.3. Ruang Lingkup Penelitian .....	1.3
1.4. Pendekatan Masalah .....	1.3
BAB II LETAK DAN TIPE BENDUNGAN PARUNG BADAK	
2.1. Umum .....	11.1
2.2. Tinjauan Keadaan Topografi .....	11.2
2.3. Tinjauan Keadaan Geologi .....	11.3
2.4. Letak, Tipe Dan Material Konstruksi .....	11.5
2.4.1 Letak, Tipe Dan Fungsi Badak .....	11.5
2.4.2 Material Konstruksi .....	11.7
2.5. Spillway .....	11.9
BAB III TIPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR	
3.1. Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air .....	111.1
3.2. Konsep Dasar Pembangkit Tenaga Listrik .....	111.5
3.2.1 Umum .....	111.5
3.2.2 Kriteria Rancang Bangun .....	111.6
3.2.3 Pemilihan Model Rancangan .....	111.7
3.3. Konsep Dasar Sistem Rancangan .....	111.7
BAB IV ANALISA DATA	
4.1. Analisa Hidrologi .....	114.1
4.1.1 Analisis Data Hujan .....	114.1
4.1.2 Hidrologi Runoff .....	114.14
4.1.3 Analisis Limpas Hujan .....	114.17
4.1.4 Analisis Limpas Hujan .....	114.22
4.2. Analisa Sedimentasi .....	114.27
4.2.1 Faktor Dauran Pemanasan .....	114.27
4.2.2 Faktor Erosibilitas Tanah (K) .....	114.28
4.2.3 Faktor Kelembaban (Slope Factor) .....	114.29
4.2.4 Faktor Pengaliran Tanah dan Konversi Tanah : CF) .....	114.32

4.3. Analisa Hidroelektrik Power Station.....	IV.35
4.3.1 Penentuan Jarak.....	IV.35
4.3.2 Perhitungan Turbin dan Meredu.....	IV.37
4.3.3 Menentukan Jenis Turbin dan Power House.....	IV.51
4.3.4 Penentuan Diameter Pipa.....	IV.53
4.3.5 Perhitungan Tinggi Tekanan Efektif.....	IV.62
4.3.6 Perhitungan Energi Listrik.....	IV.65

## BAB V ANALISA EKONOMI

5.1. Biaya.....	V. 1
5.2. Jadwal Kerja Pembangunan.....	V. 2
5.3. Biaya Pembangunan.....	V. 5
5.4. Biaya Pemeliharaan dan Biaya Operas.....	V. 7
5.5. Pendapatan Proyek (Project Benefit).....	V. 8

## BAB VI KESIMPULAN

6.1. Kesimpulan.....	VI. 1
6.2. Saran-Saran.....	VI. 2
6.3. Penutup.....	VI. 3

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN-LAMPIRAN

# DAFTAR LABEL

Tabel 4.1.1 :	Analisis Data Hujan	IV. 5
Tabel 4.1.2 :	Curah hujan dan rata-rata Rata-rata Bulanan Pada Periode tahun 1981-1984	IV. 6
Tabel 4.1.3 :	Curah hujan bulanan Rata-rata	IV. 7
Tabel 4.1.4 :	Ranking curah hujan	IV. 8
Tabel 4.1.5 :	Data Bulanan Pada Stasiun Data Beulah	IV. 9
Tabel 4.1.6 :	Data Debit Tahapan	IV. 9
Tabel 4.1.7a:	Hubungan Reduced Mean Yn dengan Beban Sampel n	IV.10
Tabel 4.1.7b:	Hubungan Reduced Standard Deviation Beban Sampel n dengan Sampel n	IV.11
Tabel 4.1.7c:	Reduced Variance sebagai fungsi Waktu Salah	IV.12
Tabel 4.1.8 :	Tinggi Curah Hujan Dari Beberapa Periode Waktu tertentu	IV.13
Tabel 4.1.9 :	Hujan Hektar	IV.13
Tabel 4.1.10:	Hydrograph Aliran Tanggal 18 Maret 1981 Waduk Waduk Selama 5 Jam	IV.15
Tabel 4.1.11:	Hydrograph Aliran Tanggal 14 April 1981 Waduk Waduk Selama 5 Jam	IV.15
Tabel 4.1.12:	Rata-rata Yn dengan Satuan Aliran Salah Selama 5 Jam	IV.17
Tabel 4.1.13:	Hydrograph Beulah	IV.17
Tabel 4.1.14:	Perhitungan Volume Waduk Parang Badak	IV.19
Tabel 4.1.15:	Debit Tahapan Rata-rata	IV.23
Tabel 4.1.16:	Influs Rata-rata Saluran Tahap	IV.24
Tabel 4.1.17:	Perhitungan Air Rata-rata Bulanan	IV.25
Tabel 4.1.18:	Hasil Perhitungan Volume Lampung Waduk	IV.25
Tabel 4.2.1 :	Lokasi Dan Fasilitas	IV.29
Tabel 4.2.2 :	Perhitungan Momen P & P Dari Berbagai	IV.33
Tabel 4.2.3 :	Perhitungan Momen P & P	IV.34
Tabel 4.2.4 :	Data Debit Tahapan	IV.35
Tabel 4.3.1 :	Debit Tahapan Dari Berbagai Tahapan Pada	IV.43
Tabel 4.3.2 :	Hubungan Yn dengan	IV.47
Tabel 4.3.3 :	Perhitungan Debit Outflow	IV.49
Tabel 4.3.4 :	Debit Debit Tahapan	IV.52
Tabel 5.3.1 :	Rekomendasi Proyek Proyek	V. 6
Tabel 5.4.1 :	Biaya D & R Per Tahun	V. 7



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	1.1	: Layout Waduk Parung Badak .....	1. 5
Gambar	1.2	: Lay Out Waduk Parung Badak .....	I. 6
Gambar	2.1	: Spillway .....	II.10
Gambar	2.2	: Geology Map .....	II.12
Gambar	4.1	: Stasion Hujan Pada Daerah Tangkapan Sungai .....	IV. 4
Gambar	4.2	: Hidrograph Saluran Rata-rata .....	IV.16
Gambar	4.3	: Hidrograph Bawah Rentana .....	IV.18
Gambar	4.4	: Kurva Hubungan Elevasi - Luas - Kapasitas .....	IV.21
Gambar	4.5	: Kapasitas Tampung Waduk .....	IV.26
Gambar	4.6	: Peta Lokasi Pengambilan Contoh-contoh Tanah BPS Ciseane .....	IV.30
Gambar	4.7	: Koefisien Limpasan Dari Berbagai Tipe Bembanan .....	IV.38
Gambar	4.8	: Tinggi Air Efektif di atas Ambang ...	IV.39
Gambar	4.9	: Koefisien $K_p$ dan $K_a$ .....	IV.42
Gambar	4.10	: Koefisien Hukuan Pintu .....	IV.45
Gambar	4.11	: Hubungan Antara $Q$ , $\phi$ , $\psi$ .....	IV.48
Gambar	4.12	: Flood Routing .....	IV.50

## BAB I : PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Lokasi waduk Parung Badak terletak dipertemuan Sungai Cisadane dan Sungai Cianten,  $\pm 14$  km barat laut kota Bogor atau  $\pm 24$  km sebelah selatan kota Serpong, areal yang dapat diairi  $\pm 860$  km. Perkiraan rata-rata inflow tahunan mencapai 2500 juta m<sup>3</sup> per tahun dengan debit rata-rata 73 m<sup>3</sup>/det. hal ini dimungkinkan karena angin barat yang membawa uap air ditangkap oleh sistem igir-igir yang cukup tinggi pada daerah ini sehingga hujanpun cukup tinggi dan berkisar antara 200 - 2000 mm/tahun.

Sungai Cisadane bermata air dari Gunung Pangrango (elv.3022) mengalir kearah barat laut melewati kota Bogor dan bergabung dengan Sungai Cianten dan Sungai Cikaniki yang kemudian membelok menuju perbukitan (daerah Parung Badak/Batu Beulah) kemudian kearah utara melewati kota Serpong dan bermuara dilaut Jawa,  $\pm 23$  km sebelah barat kota Jakarta.

Sungai Cisadane yang melewati wilayah Parung Badak mempunyai kedalaman 35 - 40 m, lebar  $\pm 50$  m, dan mempunyai kemiringan 1/270. Kondisi geologi berada pada formasi bojong manik dengan rangkaian stratigrafi terdiri dari

sand, gravel, tuffa breccia, sand stone, mudstone, vulkanic. Morfologi merupakan daerah perbukitan dan sebagian merupakan daerah dataran rendah.

Waduk Parung Badak merupakan rencana dari sekian waduk yang ada di wilayah Jawa Barat, dengan harapan dapat memenuhi kebutuhan air untuk wilayah pengembangan " JABOTABEK" (Jakarta, Bogor, Tangerang, Bekasi). Dari sekian kebutuhan air maka waduk Parung Badak diusahakan untuk direncanakan sebagai pembangkit listrik tenaga air, hal ini sejalan dengan peningkatan dan pengembangan di sektor industri dan merupakan salah satu sarana penunjang adalah memanfaatkan tenaga air yang ada diwaduk dengan cara mengatur ketinggian air tertentu yang mempunyai potensi guna menggerakkan turbin, dan generator listrik.

## 1.2 Maksud dan Tujuan Pembahasan Masalah

Maksud dari tugas akhir ini adalah membuat masalah studi pendahuluan PLTA Parung Badak. Guna mendukung maksud tersebut perlu adanya data-data yang akurat, baik itu didapat dari beberapa literatur maupun hasil pengamatan di lapangan yang kemudian diolah serta dipadukan sehingga didapat suatu hasil nilai studi yang baik, dengan demikian dapat digunakan sebagai acuan dasar dalam perencanaan lebih lanjut.

Tujuan yang ingin didapat adalah dengan adanya rencana studi pembuatan waduk dan dari sekian aspek yang ada serta

dapat dikembangkan dan cukup vital adalah berupaya mencari sumber pembangkit listrik tenaga air sebagai potensi yang baru, murah, serta dapat dipertanggung-jawabkan baik dari segi konstruksi maupun ekonomi.

### 1.3 Ruang Lingkup Pembahasan

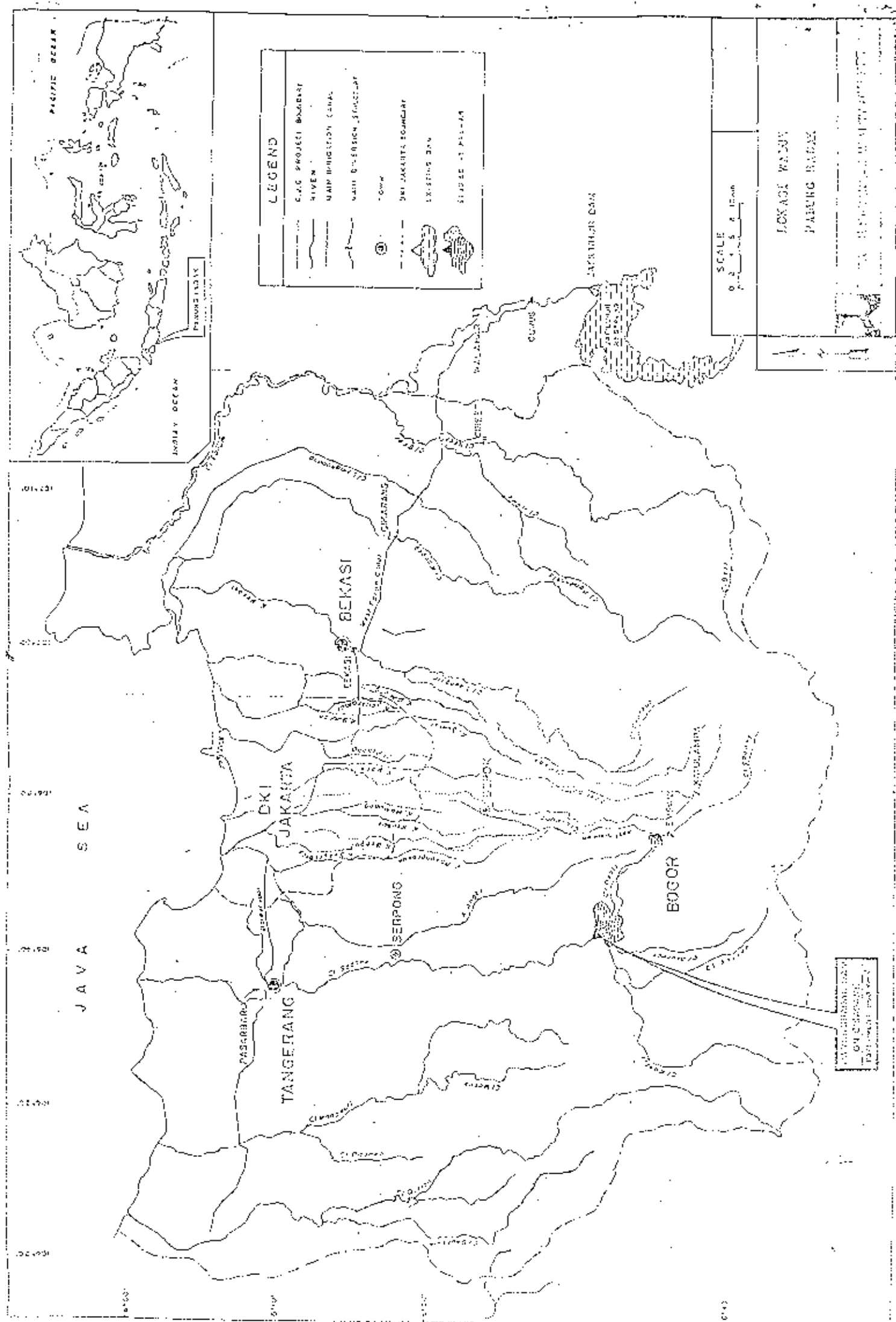
Sebagai penjabaran maksud dan tujuan pembahasan masalah, perlu terlebih dahulu mengetahui hal ikhwal dari suatu wilayah yang akan direncanakan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air Parung Badak yaitu Waduk Parung Badak.

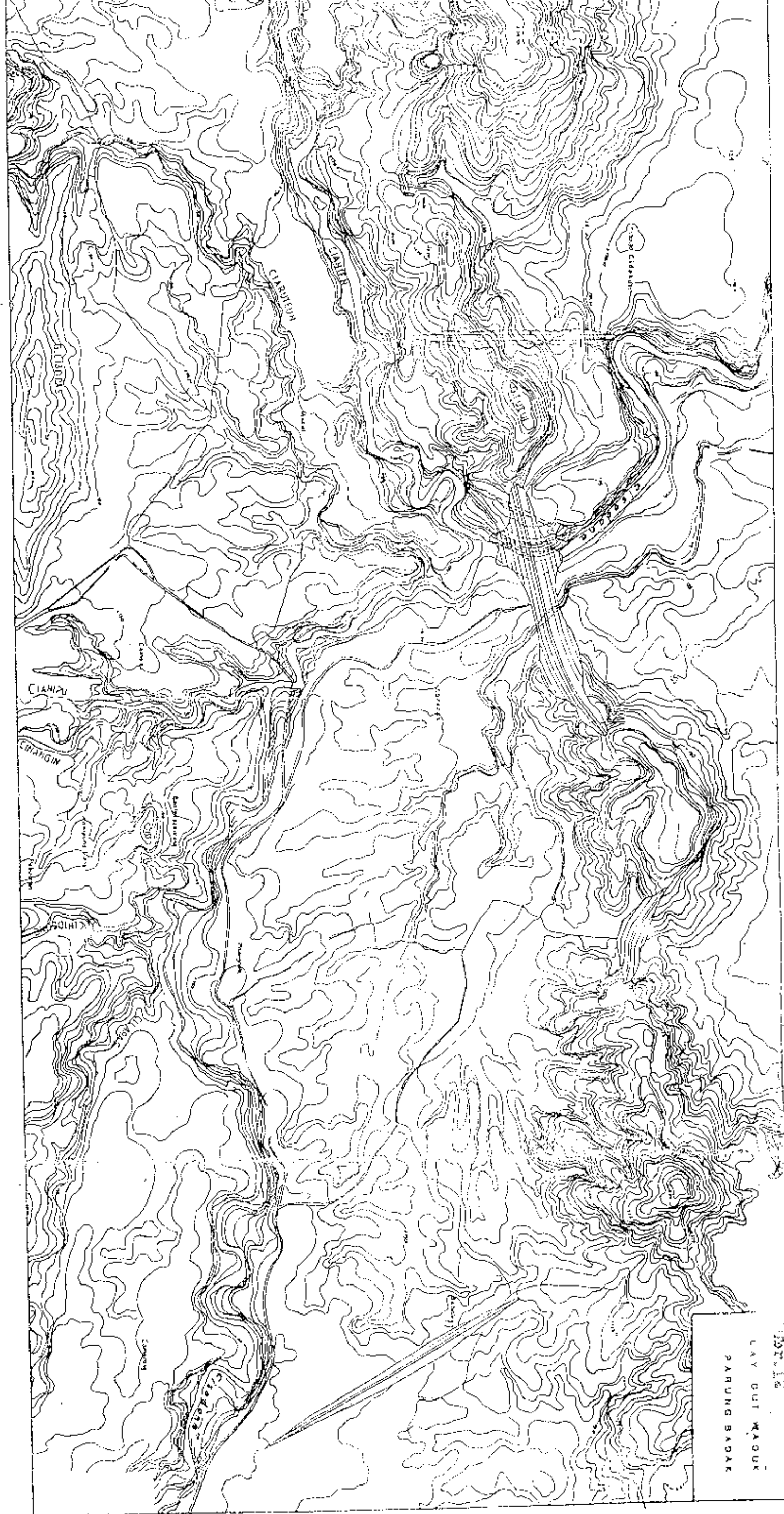
Tinjauan awal, akan dibahas adalah kondisi lingkungan dimana waduk akan didirikan yaitu meliputi tinjauan tentang kondisi topografi, geologi dan pondasi, meteorologi dan hidrologi, material konstruksi, sedangkan tinjauan terhadap pembangkit listrik tenaga airnya yaitu menyangkut masalah pipa-pipa pembawa air, power house, energi listrik yang dihasilkan, dan tinjauan apakah layak atau tidaknya apabila pembangkit listrik tenaga air diikuti sertakan dalam pembangunan waduk Parung Badak.

### 1.4 Pendekatan Masalah

Sesuai dengan permasalahan yang dihadapi, maka pembahasan akan dimulai dengan mendekatkan pemecahan masalah berdasarkan data-data yang diperoleh dan dengan perumusan-perumusan yang telah diuji keandalannya secara ilmiah sehingga didapat hasil-hasil studi yang dapat dipertanggungjawabkan.

Pengolahan data dimulai dengan menghitung data hidrologi, sedimentasi, geologi, perlengkapan hidroelektrik, dan kemudian perhitungan ekonomi yang menyatakan layak atau tidaknya Pembangkit Listrik Tenaga Air Parung Badak untuk dilaksanakan pembangunannya.





1971  
LAY OUT MAP  
PARUNG BAKAR

## BAB II : LETAK DAN TIPE WENDONGAN PARUNG BADAK

### 2.1 U m u m

Tenaga merupakan suatu unsur penunjang yang sangat penting bagi pengembangan secara menyeluruh suatu bangsa. Pemanfaatannya secara tepat guna merupakan alat yang ampuh untuk merangsang pertumbuhan ekonomi suatu negara. Berdasarkan alasan tersebut diatas cukup dimengerti bahwa pada akhir-akhir ini permintaan akan pembangkit tenaga listrik makin meningkat sesuai dengan pertumbuhan industri, terutama di P.Jawa. Ditinjau dari kebutuhan tenaga hampir dipastikan bahwa kesibukan dilakukan untuk menajajaki pemanfaatan berbagai alternatif pembangkit energi untuk memenuhi kebutuhan yang terus meningkat. Salah satunya adalah mengusahakan, memanfaatkan waduk Parung Badak.

Untuk memudahkan pembahasan perlu diadakan klasifikasi mengenai pembangkit dalam grup-grup yang berbeda dan ini tergantung dari aspek yang ditinjau. Jadi pembangkit listrik dapat diklasifikasikan berdasarkan lokasi, keadaan topografi, tingkat pengoperasian tinggi jatuhnya air, keadaan hidroliis pembangkit itu sendiri, dan sebagainya.



## 2.2 Tinjauan Keadaan Topografi

Kenampakan topografi dari seluruh wilayah ini umumnya dapat dibagi menjadi 3 (tiga) kelompok, yaitu :

1. Bagian selatan merupakan daerah berbukit-bukit dan merupakan sumber air sungai-sungai di Jawa Barat.
  2. Bagian tengah merupakan daerah dengan kenampakan topografi yang bergelombang.
  3. Bagian Utara merupakan daerah datar yang pada umumnya daerah ini baik sekali untuk daerah pertanian.
- Lokasi waduk Parung Badak ditinjau dari morfologi merupakan daerah perbukitan bergelombang dan sebagian merupakan daerah dataran rendah. Puncak-puncak perbukitan mencapai ketinggian antara 150 - 350 m yaitu Gunung Cibodas, Gunung Tutul, Gunung Paok, Gunung Bubut, Pasir Menir. Sedangkan dataran rendah merupakan daerah diantara perbukitan dengan ketinggian antara 100 - 125 m, merupakan daerah pertanian dan pemukiman penduduk. Pada lokasi rencana dam lebar sungai cisadane 50 m pada dasar dan 230 m lebar permukaan. Dasar sungai mempunyai kemiringan yang curam, dengan kemiringan 1/270. Kemiringan lereng pada tebing kiri  $\pm 20^\circ$  dengan puncak kemiringan pada G. Tutul (el. 225), kemiringan tebing kanan  $\pm 45^\circ$  dengan tipe dataran tinggi dengan lebar mencapai  $\pm 500$  m diapit oleh G. Paok (el. 200 m) dan G. Bungur (el. 150 m).

Bendungan (as dam) direncanakan setelah pertemuan S. Cisadane dan S. Cianten, S. Cikaniki, dimana kondisi merupakan daerah yang cukup lurus  $\pm 2$  km kearah utara. Pada daerah ini terdapat daerah dengan elevasi yang rendah (daerah depresi) dan direncanakan sebagai daerah genangan. Terletak  $\pm 3$  km sebelah kiri rencana as dam terdapat daerah depresi yang terletak diantara G. Tutul dan G. Pengangkang, dan sebelah kanan as dam yang terletak diantara G. Paok dan G. Bubut dengan elevasi + 135 m, masih terdapat lagi yaitu  $\pm 5$  km sebelah timur rencana as dam dengan elevasi + 165 m. Dimana daerah-daerah ini akan menjadi masalah apabila rencana muka air mencapai + 170 m. 1)

### 2.3 Tinjauan Keadaan Geologi

Sungai Cisadane yang mengalir telah mengikis lembah-lembah yang curam dengan kedalam rata-rata 35 m di wilayah lokasi as dam, dengan kemiringan rata-rata  $30^{\circ}$  pada dasar sungai.

Diatas dasar sungai tuffa breccia terkonsolidasi lunak terlihat secara kontinyu. Breccia vulkanic terdiri dari bongkahan besar andesit dari kandungan tuffa berwarna abu-abu tua minimum 1 meter, bongkahan claystone juga merupakan petunjuk yang semua ini menunjukkan keaslian dari formasi Bojongmanik yang merupakan batuan sedimen mi-

---

1) Peta Top skala 1 : 50000 dan hasil Laporan Teori Geologi P32A DJO, Tahun 1985

ocene dan tuffa breccia dari fase pleistone vulkanic.

Endapan yang cukup tua pada S. Cisadane ini tampak nyata dalam bentuk endapan teras sepanjang tepian sungai dimana letaknya 3 - 5 m dari endapan baru. Diposit yang utama terletak di dekat Cidokom + 2 km kearah muara sungai dari lokasi rencana as dam. Batuan-batuan yang bulat dan kerikil dari endapan sungai tua berdiameter 1 - 20 cm merupakan batuan andesit. Disekitar lokasi rencana as dam terdapat pasir, kerikil dan batuan berdiameter  $\pm$  2m terletak didalam dasar sungai dengan ketebalan beberapa meter.

Kira-kira 3 km kearah selatan lokasi rencana as dam terdapat tonjolan-tonjolan batu kapur yang membentang dari timur barat dan terdapat pula beberapa lokasi batu (quary) dikaki-kaki gunung. Batu kapur mempunyai bedding plane yang jelas pada interval antara 30 - 60 m dan nampak jauh membentang kearah barat sedikit kearah timur.

Gunung Jakate yang terletak di tenggara G. Cibodas merupakan sumber batuan andesit yang dilapisi dengan tanah yang tebal sedangkan lapisan lava andesit terdapat pada air terjun di S. Ciarunten, bergabung dengan S. Cisadane kira-kira 1 km kearah selatan dari rencana as dam. Gunung-gunung Tutul, Paok, Bubut batuan merupakan tuffa alam extensive dan tuffa breccia. Sedangkan batuan pondasi direncana as dam bersifat tuffaceous breccia merupakan batuan yang cukup baik tanpa sistim sambungan yang jelas.



Kira-kira 1 km kearah muara dari lokasi as dam terdapat lapisan lignite setebal 30 - 50 cm terlihat dalam batuan karang sedimen, batuan clay, batu pasir dari formasi bojong manik dimana rembesan melalui rongga-rongga tidak begitu serius, ada kemungkinan rembesan air melalui rongga-rongga batu kapur di G. Cibodas. Maka lapisan tanah liat diperlukan pada lereng-lereng G. Cibodas guna mengakhiri kebocoran air. 1)

## 2.3 Letak, Tipe Dam Parung Badak, dan Material Konstruksi

### 2.3.1 Letak, Tipe Dam Parung Badak

Dam Parung Badak direncanakan dengan membendung Sungai Cisadane, pertimbangan-pertimbangan didalam menentukan letak as dam adalah sebagai berikut :

#### 1. Tinjauan Keadaan Topografi

Daerah Parung Badak merupakan daerah perbukitan bergelombang, dengan kondisi sungai merupakan pertemuan diantara S.Cisadane, S.Cianten dan S.Cikaniki, dimana setelah pertemuan tersebut kondisi sungai cukup lurus kearah utara  $\pm$  2 km selain itu pada aliran sungai lurus terdapat dua buah bukit yang mengapit yaitu G.Tutui dan G.Paok, dengan pertimbangan ini maka dipilih  $\pm$  200 m dihilir pertemuan S.Cisadane dan S. Cianten.

---

1) PT. RPD KES- Penyelidikan Teknis dan Perangka Lantai Pada Rencana Pembangunan Parung Badak-Bojong, Tahun 1995.

## 2. Tinjauan Geologi

Tinjauan geologi pada rencana as dam terdiri dari formasi tuffaceous breccia dimana batuan dasar yang cukup keras dan baik. Kondisi material ditinjau dari keadaan geologi cukup memenuhi mengingat daerah Parung Badak merupakan sumber Quari. Dengan demikian maka pemilihan tipe untuk rencana Dam Parung Badak dipilih tipe " Timbunan Batu " (Rock fill dam) dengan inti kedap air.

Rock fill dam merupakan tipe bendungan yang mempergunakan timbunan batu untuk stabilitasnya dan inti yang kedap air guna menahan rembesan aliran air, selain itu tipe ini harus dijaga dari akan terjadinya overflow dan untuk menghindari kejadian tersebut perlu adanya spillway yang mempunyai syarat dapat mengalirkan kelebihan air yang terjadi pada waduk sehingga tidak akan terjadi pengaruh yang besar pada bendungan atau dam. Jenis tipe ini perlu pondasi atau tanah dasar yang kuat guna menahan beban sendiri dan beban luar sehingga tidak terjadi penurunan. Batuan tuffaceous breccia cukup baik dipergunakan sebagai penahan /udukan pondasi tipe ini.

Dam utama direncanakan dengan ketinggian elevasi merou + 171 dengan lebar merou 10 m yang sekaligus dipergunakan untuk jalan inspeksi. Rencana ketinggian elevasi merou + 171 terdapat daerah-daerah depresi. Untuk itu diperlukan saddle dam perhatikan gambar 1.2 Lay Out Parung Badak.

### 2.3.2 Material Konstruksi

Guna mengetahui kualitas dan kuantitas material konstruksi harus diselidiki di lapangan maupun dilaboratorium sehingga dapat diketahui layak atau tidaknya material-material tersebut dipergunakan sebagai bahan dasar pembuatan dam. Penyelidikan meliputi antara lain :

#### 1. Tanah

Tanah merupakan salah satu bahan yang dipergunakan sebagai bahan material inti kedap air. Untuk itu perlu adanya penelitian yang cermat.

Tanah latosol dari hasil pelapukan tuffa breccia tidak cocok sebagai satu-satunya material karena daya kerjanya jelek tekanan kuat akan mengakibatkan penurunan besar dengan konsolidasi dan kontrol air akan lebih sulit dalam areal lembab, oleh sebab itu dicoba dengan mempergunakan tanah yang dicampur dengan tanah kasar dan bahan kerikil sebagai zone tekanan tinggi untuk memperkecil penurunan secara cepat.

Pada pelapukan tuffa breccia yang tercampur dengan bongkahan andesit halus terdapat kandungan air yang rendah, dan dari bongkahan yang lebih dalam lagi diharapkan mendapatkan pelapukan yang rendah dan bersifat kekerikilan dan menunjukan kandungan air yang rendah. Dimana lokasi yang diharapkan terdapat pada rencana spillway dan diharapkan memenuhi kebutuhan yang diharapkan.

## 2. Pasir dan Kerikil

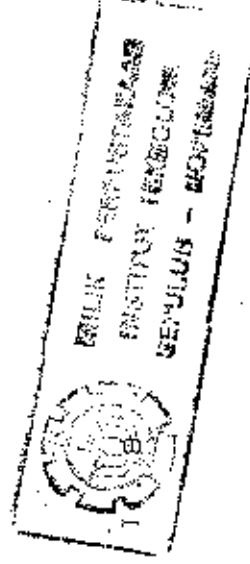
Endapan pasir dan kerikil banyak terdapat di hilir dari rencana as dam dengan jumlah areal endapan ditaksir  $\pm 2.10^6$  meter persegi, perkiraan ketebalan 1,50 m dengan demikian diperkirakan jumlah endapan 3 juta m<sup>3</sup>.

Beberapa endapan terjadi sepanjang S. Cianten, S. Cikaniki dan anak-anak sungai lainnya, jumlah endapan tidak nampak berlebihan dengan total area  $2.10^6$  m<sup>2</sup> dan ketebalan mencapai  $\pm 1,0$  m . Selain itu masih terlihat lagi yaitu 6 km diululu S. Cikaniki dengan ketebalan lapisan mencapai  $\pm 2,00$  m . Tempat ini kira-kira 10 km dari lokasi dam utama.

## 3. Batu

Sebagai lokasi alternatif berada dilengkung dari Pasir Tapos (el. 648 m) terletak 10 km arah barat dari dam utama lapisan andesit yang sangat keras nampak sepanjang lembah ini yaitu pada S. Citempuan, merupakan alternatif yang cocok dengan mengabaikan jarak, bagaimanapun harus dilakukan penyelidikan pada bagian-bagian lain pada proyek ini.

Limestone yang membentuk G. Cibodas (el. 325 m) diputuskan menjadi sumber yang disukai karena mudah dalam pelaksanaannya dan jarak pendek  $\pm 3$  km dari lokasi dam dan sebagian telah dieksplorasi dalam skala kecil di beberapa tempat. Diperkirakan limestone dari G. Cibodas  $\pm 110$  m<sup>3</sup> juta.



## 2.4 Spillway

Spillway waduk Parung Badak terletak di sebelah kiri dam utama (antara dam utama dan saddle dam 1). Sungai Cisarane mengalir ke tempat ini setelah membelok tajam di hilir waduk utama. Tempat ini cocok untuk menempatkan spillway.

Pekerjaan spillway dirancang memiliki pembuang yang mampu menangani luapan maksimum dengan aman, pintu-pintu sebagai tindakan pencegahan penting ada. Namun sebagai pertimbangan demi kenyamanan operasional, dianjurkan pula sebuah bendungan overflow tanpa pintu sebagai tambahan pada bendungan berpintu.

Rencana spillway waduk Parung Badak direncanakan sebagai berikut :

Tipe : Kombinasi antara bendungan berpintu  
dan tak berpintu

Elevasi puncak : + 165.00

Elevasi puncak

pintu bendung : + 171.00

Lebar bendung : 110 meter

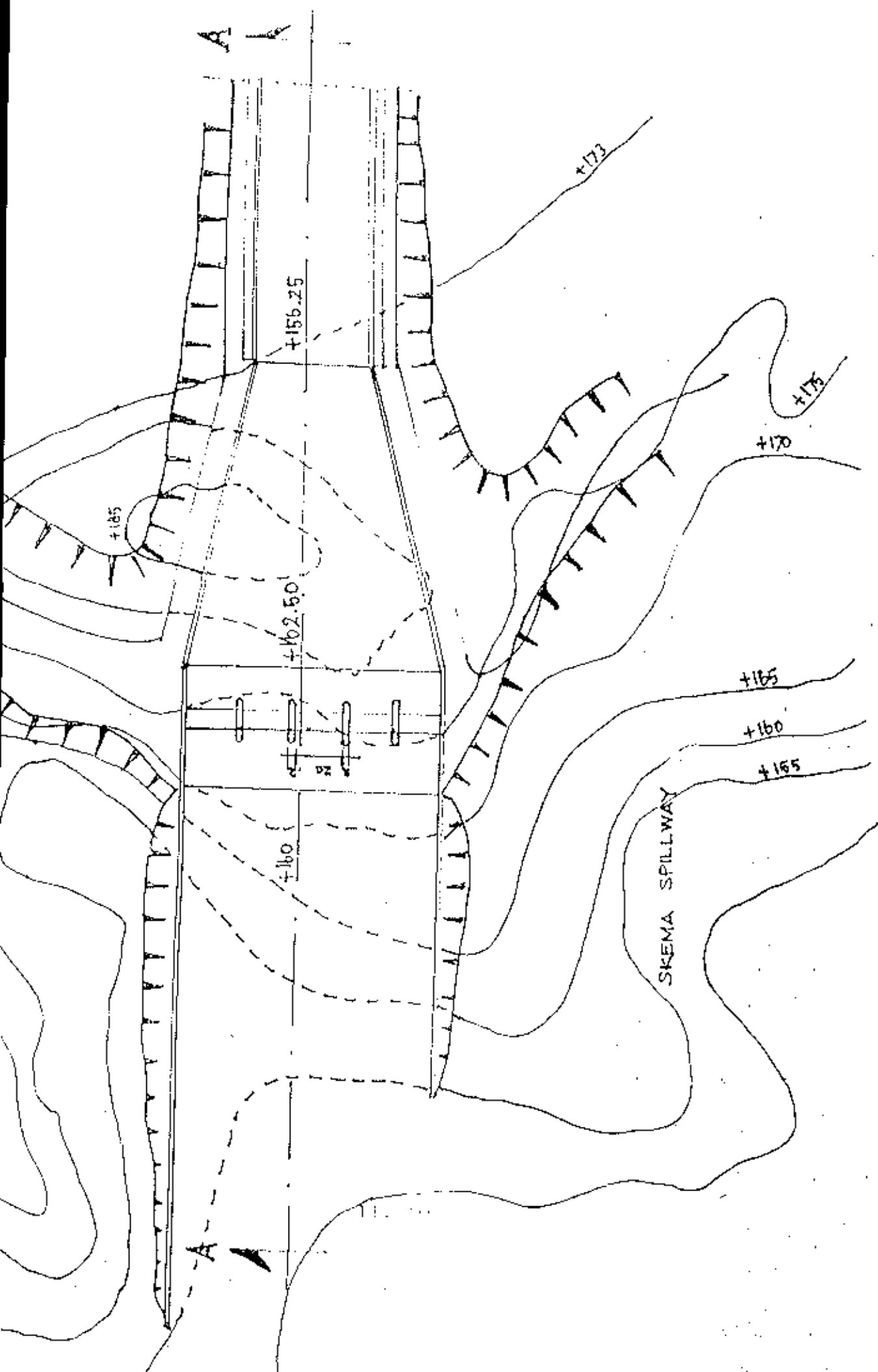
Pintu (tipe

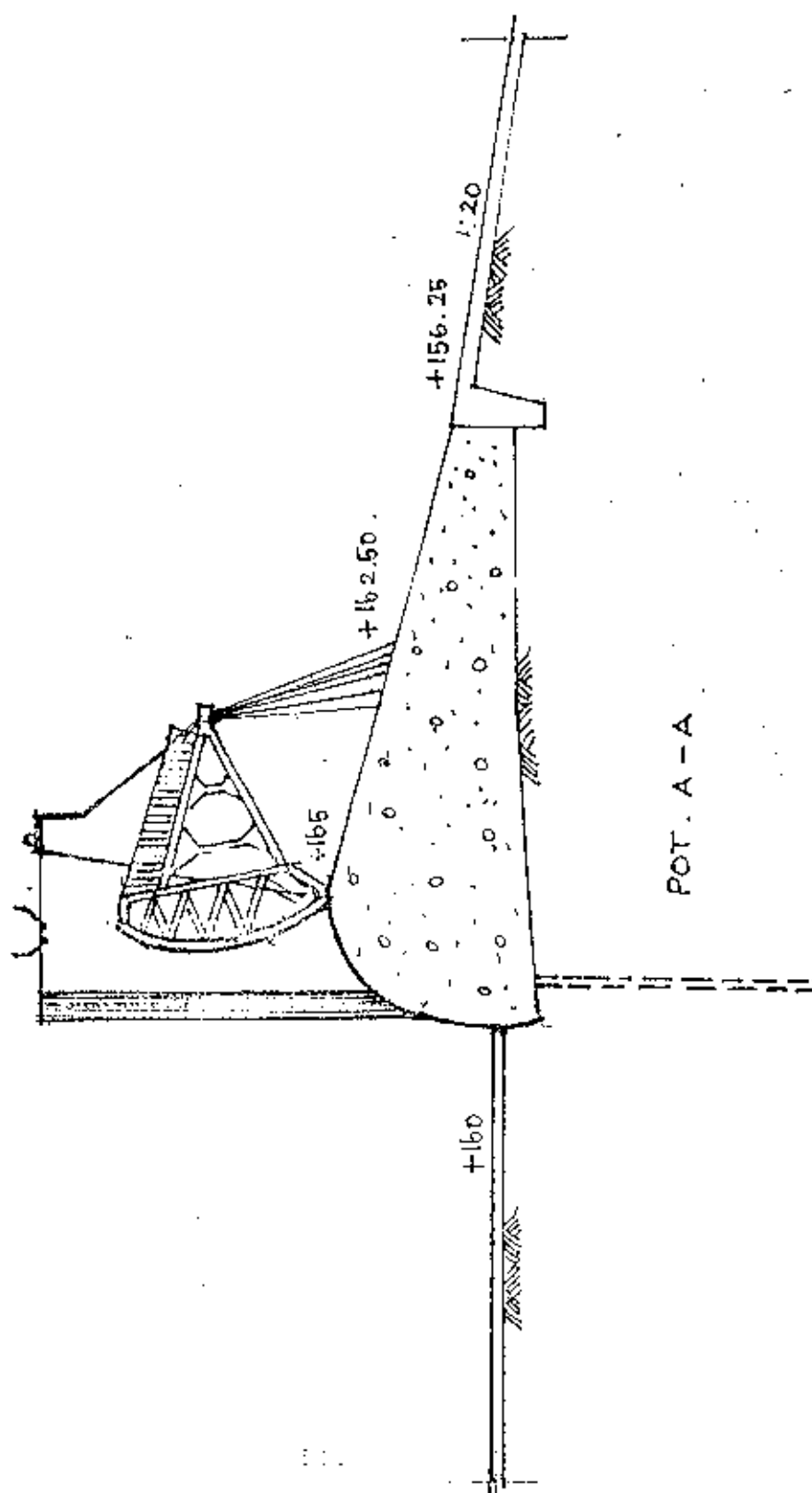
radial) : Tinggi 6.00 m X Lebar 20.00 m X 5

Panjang jeram : 1025 m

Lebar jeram : 42 m







## BAB III : TIPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR

### 3.1 Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air

Hampir setiap proyek tenaga air mempunyai sesuatu yang sangat menarik perhatian dan untuk memudahkan pembahasannya perlu diadakan klasifikasi mengenai pembangkit dalam grup-grup yang berbeda. Suatu hal yang perlu diingat, tidak seluruh klasifikasi mutlak dibutuhkan, misalnya ada atau tidak adanya kolam penampung air.

Klasifikasi dapat dibedakan sebagai berikut :

#### 1. Klasifikasi Berdasarkan Tujuan

Mengenai tujuan proyek pembangkit tenaga listrik, sedapat mungkin bukan merupakan proyek yang bertujuan tunggal yaitu hanya memproduksi tenaga listrik, karena secara normal proyek direncanakan mempunyai tujuan bermacam-macam antara lain supply air, irigasi, kontrol banjir, dan sebagainya.

#### 2. Klasifikasi Berdasarkan Keadaan Hidrolik

Suatu dasar klasifikasi pada pembangkit listrik tenaga air adalah memperhatikan prinsip dasar hidrolik saat perencanaannya. Ada empat jenis pembangkit listrik tenaga air yang mempergunakan prinsip dasar ini, ialah :

- a. Pembangkit listrik tenaga air konvensional
- b. Pembangkit listrik dengan pemompaan kembali ke kolam

penampungan.

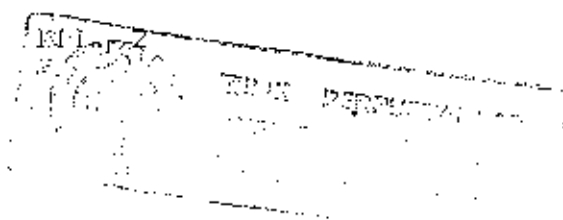
- c. Pembangkit listrik tenaga air pasang surut.
- d. Pembangkit tenaga yang ditekan.

### 3. Klasifikasi Berdasarkan Sistem Pengoperasian

Pembangkit tenaga listrik dapat juga diklasifikasikan berdasarkan permintaan. Apabila sebuah stasiun listrik tenaga air beroperasi dengan satu unit dalam satu kesatuan sistem, pengoperasiannya merupakan hubungan tertutup didalam, sesuai dengan sistem yang dikehendaki. Jika stasiun listrik ini masuk dalam kekuatan sebuah kisi-kisi, selanjutnya dapat dipergunakan sebagai dasar muatan utama dari pembangkit atau sebuah puncak pembebanan pembangkit. Umumnya pada pengoperasian pembangkit listrik tenaga air, sistem dengan beban puncak sangat cocok dalam pengoperasian, tepatnya untuk mempercepat startnya dan relatif mudah dalam mengeluarkan daya akselerasi.

### 4. Klasifikasi Dasar Lokasi Kolam Penyimpanan dan Pengatur

Instalasi pembangkit listrik tenaga air dapat juga diklasifikasikan atas pertimbangan mengenai cuaca dimana instalasi itu dapat dilengkapi dengan sebuah kolam dengan penyimpanan runtuhan atau tleak. Kolam itu dilengkapi dengan konstruksi bendungan atau tanggul. Kolam tersebut sangat diperlukan ketika terjadinya pengaliran tidak sama untuk kurun waktu lebih dari satu tahun.



### 5. Klasifikasi Berdasarkan Lokasi dan Topografi

Instalasi pembangkit listrik tenaga air dapat berlokasi di daerah pegunungan atau dataran. Biasanya pembangkit listrik di daerah pegunungan bangunan utama merupakan bendungan, sedangkan pembangkit listrik daerah datar bangunan utamanya berupa tanggul, dan daerah dataran biasanya sungainya lebar, dengan banjir besar di daerah tanah yang datar dan mungkin membutuhkan kerja pengubahan sungai yang lama. Maka pengetahuan tentang tempat dan topografi atas sebuah pembangkit listrik tenaga air sangat penting.

### 6. Klasifikasi Dasar Tentang Kapasitas PLTA

Berdasarkan kapasitas PLTA adalah sebagai berikut :

- a. Pembangkit listrik yang terkecil  $< 5$  MW
- b. Pembangkit listrik kapasitas menengah  $5 - 100$  MW
- c. Pembangkit listrik kapasitas tinggi  $101 - 1000$  MW
- d. Pembangkit listrik kapasitas tertinggi  $> 1000$  MW

### 7. Klasifikasi Dasar Mengenai Ketinggian Tekanan Air

Pengklasifikasian atas dasar ketinggian tekanan air, adalah sebagai berikut :

- a. PLTA dengan tekanan air rendah , dibawah  $15$  m
- b. PLTA dengan tekanan air menengah  $15 - 70$  m
- c. PLTA dengan tekanan air tinggi  $71 - 250$  m
- d. PLTA dengan tekanan air sangat tinggi, diatas  $250$  m

## B. Klasifikasi Berdasarkan Bangunan Atau Konstruksi Utama

Pembangkit listrik berdasarkan lokasi bangunan, dapat dibagi menjadi :

- a. Pembangkit listrik pada aliran sungai
- b. Pembangkit listrik dengan bendungan dilembah
- c. Pembangkit listrik pada pengalihan terusan.
- d. Pembangkit listrik dengan pengalihan ketinggian tekanan air yang tertinggi.

Tiap-tiap katagori diatas difokuskan atas lokasi bangunan utama.

Gambaran yang menarik pada sebuah bendungan pembangkit listrik di lembah adalah sebuah bendungan pada aliran sungai yang menciptakan tempat penyimpanan cadangan air menghasilkan ketinggian tekanan air yang diperlukan untuk stasiun tenaga. Stasiun tenaga langsung ditempatkan pada salah satu sudut kaki bendungan atau dapat pula ditempatkan sedikit jauh kearah hilir. Pengaliran air melalui pipa pesat yang terbenam dalam bendungan menuju stasiun tenaga dan langsung dibuang kembali ke sungai. Ketinggian tekanan air yang dihasilkan tergantung daripada ketinggian bendungan.

Berbagai bagian yang penting sebuah proyek bendungan dilembah kira-kira dapat disebut sebagai berikut :

- a. Bendungan dengan struktur perlengkapan seperti saluran-saluran dan sebagainya.

- b. Pipa masuk dan rak-rak, tiang-tiang, pintu dan penopang-penopangnya.
- c. Batang-batang pipa (penstock) yang menyalurkan air ke turbin dengan katup-katup.
- d. Pusat pembangkit tenaga utama dengan komponen-komponennya.

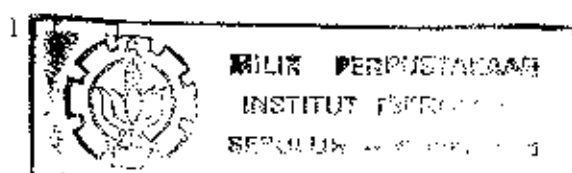
### 3.2 Konsep Disain Pembangkit Tenaga Listrik

#### 3.2.1 Umum

Sasaran utama skema penampungan reservoir Parung Badak untuk kebutuhan air perkotaan, irigasi, flushing.

Namun dengan pengaturan air dapat menghasilkan suatu potensi yaitu pengembangan listrik tenaga air dilokasi waduk Parung Badak. Dalam melengkapi data-data mengenai biaya-biaya dan manfaat pengembangan hidroelectric yang potensial ini, model manajemen dan analisa ekonomi lebih dulu dirancang untuk tingkat kelayakan yang meliputi pekerjaan-pekerjaan sipil dan seleksi peralatan. Sejaht ini fasilitas pembangkit listrik tenaga air struktur-struktur yang juga diperlukan untuk tujuan-tujuan lain dari skema storage ini.

Pembangkit listrik tenaga air ini dianggap sebagai prioritas sampingan dari skema storage dan skala pengembangan, dan keuntungan potensi ini mengambil hitungan dari prioritas sampingan pembangkit tenaga listrik



ini, konsekwensinya penilaian ini membuat manfaat level-level reservoir dan tingkat rata-rata air mengalir yang sudah dihasilkan, melampaui manfaat air lainnya, dianggap memuaskan.

Bagian-bagian berikutnya memberikan rincian kriteria rancang bangunan yang digunakan sebagai penilaian tersebut, penilaian yang potensial dilapangan dan sebuah estimasi biaya dan keuntungan-keuntungan dari energi yang dihasilkan dari skema ini.

### 3.2.2 Kriteria Rancang Bangun

Skala pembangunan yaitu muatan terpasang dan pengukuran awal, perlengkapan, dan sarana-sarana berdasarkan atas parameter-parameter berikut ini :

- Flow rate
- Head water level (HWL)
- Tail water level
- Gross head
- Net head
- Plant out put
- Energi produksi
- Muatan terpasang

Pengukuran perlengkapan dan sarana-sarana bangunan berdasarkan curensi praktek hidroelectric, dimana dua turbin-generator dilaksanakan/dipersiapkan disaat salah satu mesin telah beroperasi dan menjadi tenaga peralatan.



Panjang transmisi yang dibutuhkan berdasarkan perkiraan bahwa energi listrik haruslah ditransmisikan dari lokasi waduk ke substasi elektrik umum yang terdekat yang mana dapat dipancarkan-luaskan untuk meneruskan energi dari waduk Parung Badak, yaitu kira dikota Bogor.

### 3.2.3 Pemilihan Muatan Terpasang

Pemilihan tingkat optimal muatan terpasang bagi fasilitas hidroelektrik dibuat menggunakan program analisa ekonomi awal dengan informasi berdasarkan biaya awal yang diperoleh/bertitik tolak dari estimasi biaya berdasarkan kapasitas instalasi yang dipilih dan dari pengalaman proyek-proyek yang sudah ada.

Program ini menggunakan analisa ekonomi dengan menggunakan data biaya kapital yang diperkirakan dan nilai energi pada bagian distribusi. Uang tunai dihitung dalam anggaran finansial, anggaran operational, dan pemeliharaan serta estimasi pemasukan uang pertahun dari energi tersebut. Kriteria ekonomi dari harga bersih saat ini dan tarif pengembalian untuk masing-masing muatan terpasang.

### 3.3 Konsep Disain Sarana Bangunan

Rancang bangun awal yang diwujudkan adalah komponen struktur utama, menggunakan peta dengan skala 1:2000 dan berdasarkan hidrologi yang ada serta informasi geologi. Sarana-sarana bangunan pokok adalah waduk utama, saddle

dam, dam, spillway, pekerjaan pengalihan sungai, outlet termasuk fasilitas pembangkit listrik tenaga air.

Disain dibuat didalam studi ini berhubungan dengan suatu tingkat yang mungkin dapat dipekerjakan dan juga dipergunakan dalam menghasilkan estimasi yang masuk akal dari biaya-biaya konstruksi. Beberapa hidrolik dasar dan disain struktural dibuat menurut jenisnya, lay out dan dimensi-dimensi prinsipal komponen-komponen proyek ini.

## BAB IV ANALISA DATA

### 4.1 Analisa Hidrologi

#### 4.1.1 Analisa Data Hujan

Data curah hujan merupakan data hujan harian, data-data ini dapat dikumpulkan dari hasil pengamatan sembilan stasiun hujan yang berada pada daerah tangkapan hujan. Untuk menghitung besarnya curah hujan rata-rata daerah pengaliran digunakan metode Poligon Thiesen dengan alasan bahwa metode ini dianggap cukup akurat mengingat letak stasiun pencatat hujan tersebar didaerah catchment area. Dengan prosedur perhitungannya sebagai berikut :

1. Dihitung luas daerah yang terwakili oleh masing-masing stasiun hujan yang ikut berpengaruh terhadap curah hujan yang jatuh yang ikut berpengaruh terhadap curah hujan yang jatuh didaerah tersebut.
2. Masing-masing stasiun dihubungkan satu sama lainnya dengan suatu garis lurus, lalu ditarik garis beratnya, dan dihubungkan satu sama lainnya sehingga didapat kerangka poligon Thiesen.
3. Dari hasil pembagian kerangka poligon Thiesen tersebut diukur luas masing-masing dan diberi bobot prosentase luasan terhadap luas catchment area seluruhnya.

Adapun stasiun yang dipergunakan untuk menghitung curah hujan rencana dapat dilihat pada gambar 4.1 Stasiun - stasiun Hujan dan tabel 4.1.1 dan tabel 4.1.2

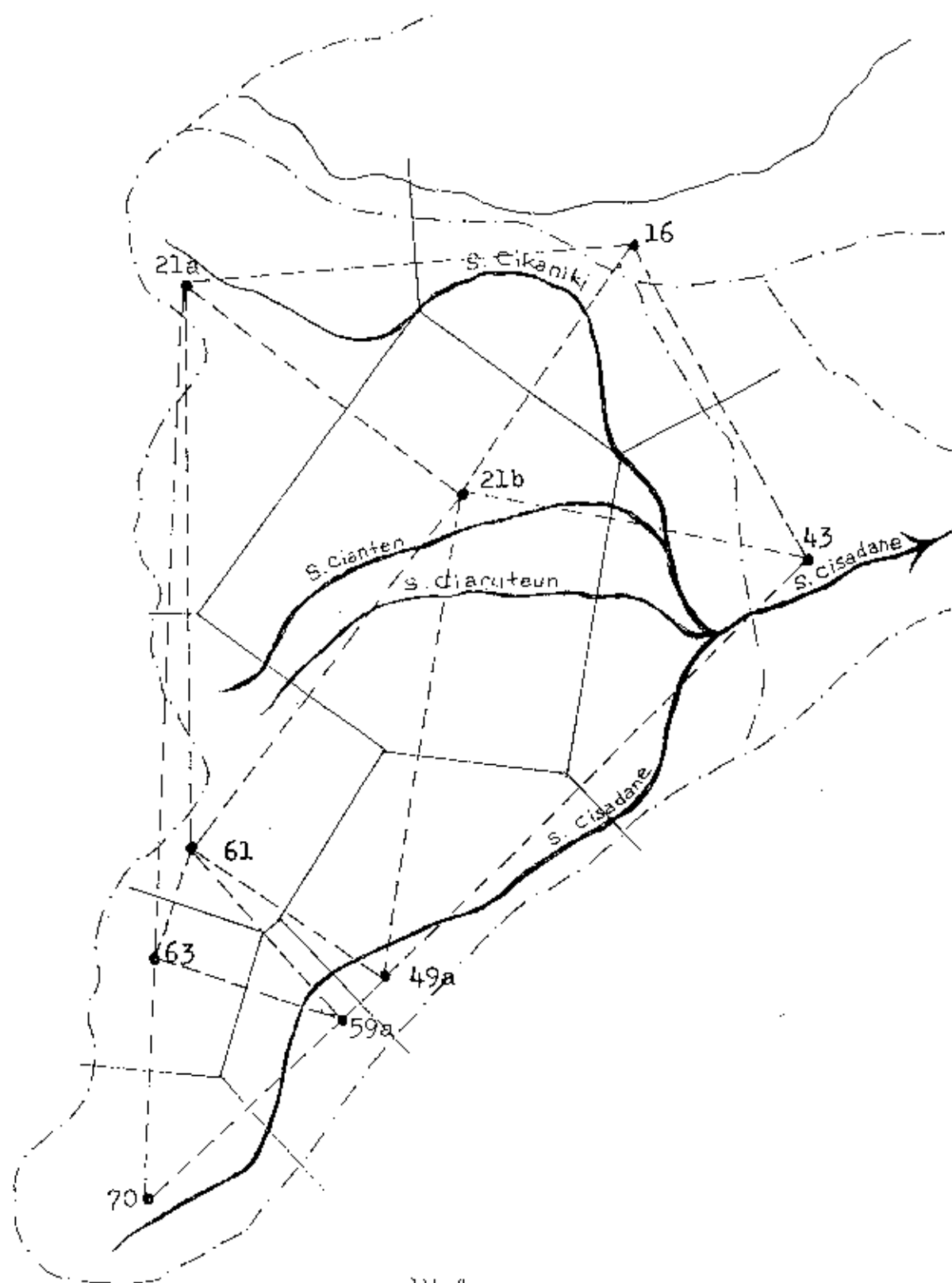
Prosedur perhitungan nilai curah hujan daerah tangkapan adalah :

- Dicari hujan maksimum pada masing-masing stasiun tersebut.
- Pada tanggal yang sama dicari besar hujan pada stasiun yang lain.
- Berdasarkan satu stasiun patokan, pada tanggal tertentu, dihitung besar hujan berdasarkan pengaruh luas daerahnya (dengan Koefisien Thiesen), sehingga hasilnya didapat dengan berdasarkan patokan stasiun pertama.
- Berdasarkan stasiun yang lain yang mempunyai harga maksimum pula pada tahun yang sama, yang dipakai sebagai stasiun patokan, dicari hujan pada stasiun yang lain dan dihitung pula berdasarkan koefisien Thiesen.
- Kejadian ini terjadi mungkin pada tanggal yang berbeda dengan prosedur sebelumnya tadi.
- Selanjutnya dicari pula harga hujan maksimum yang terjadi pada stasiun lain dengan kejadian pada tanggal yang lain dan dihitung dengan koefisien Thiesen pula, sampai didapat 9 kejadian hujan dari sembilan stasiun patokan pada tahun tertentu.
- Dari kesembilan kejadian tersebut nilai yang terbesar yang diambil sebagai hujan terbesar pada tahun tersebut.



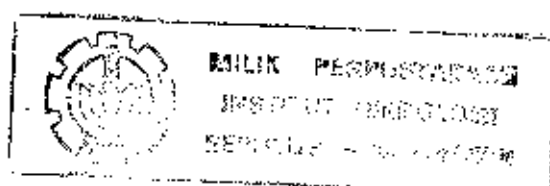
- Selanjutnya hujan maksimum yang terjadi pada tabel 4.1.2. dikalikan dengan koefisien Thiessen, seperti dalam tabel 4.1.3.

Gambar 4.1 : Stasiun Hujan Pada Daerah Tangkapan Hujan



Tabel 4.1.1 : Koefisien Thiesen

No Stasiun	Nama Stasiun	Luas (km <sup>2</sup> )	Koefisien Thiesen
16	Cigudeg	24,90	0,082
21a	Cianten	142,73	0,166
21b	Kracakan	213,25	0,248
45	Cimulang	104,95	0,122
49a	Muara	64,50	0,075
59a	Ciawi	24,95	0,029
61	Cibaruayut	123,00	0,143
63	Srogol	56,75	0,066
70	Cicapit	59,35	0,069
		860,00	1,000



Tabel 4.1.2 : Curah Hujan Harian Maksimum Pada Pengamatan 9 Stasiun Hujan

No	Tanggal Pengamatan	Stasiun								
		1a	21a	21b	45	49a	59a	61	65	70
1	02-05-1955	0	146	119	27	63	27	20	10	18
2	21-11-1956	51	155	114	46	0	17	0	0	44
3	25-05-1957	14	153	124	6	75	12	26	17	25
4	15-06-1958	37	159	132	0	115	47	11	23	10
5	07-05-1959	112	79	174	19	30	0	0	31	0
6	03-09-1960	43	153	131	75	35	60	0	0	15
7	08-05-1961	4	130	235	15	26	14	45	22	13
8	15-03-1962	66	81	75	144	106	0	112	92	55
9	23-11-1963	24	37	205	50	5	57	35	3	40
10	21-04-1966	32	23	123	30	122	90	7	5	6
11	08-11-1965	0	85	92	4	65	44	60	130	50
12	21-04-1966	96	106	36	35	67	12	45	28	0
13	07-10-1967	24	80	112	52	60	98	72	15	21
14	01-09-1968	24	124	166	75	45	12	0	16	13
15	29-04-1969	40	116	180	29	28	119	94	106	32
16	22-05-1970	45	135	112	118	0	3	0	6	13
17	15-08-1971	47	60	110	56	61	24	38	30	0
18	29-12-1972	12	40	189	75	23	0	75	86	32
19	11-01-1973	0	13	150	8	30	16	20	6	20
20	15-02-1974	10	13	145	16	53	48	10	9	12
21	31-07-1975	0	6	105	90	15	0	0	0	0
22	23-01-1976	68	15	113	52	50	53	27	11	117
23	17-09-1977	0	0	90	80	8	7	14	33	0
24	16-06-1978	15	30	209	16	42	88	33	51	72
25	03-10-1979	68	150	107	24	121	125	26	62	64
26	04-12-1980	0	150	108	57	25	46	83	15	20
27	24-10-1981	39	90	305	33	27	60	31	17	5
28	06-01-1982	9	150	155	6	11	0	60	0	80
29	28-09-1983	77	180	54	0	32	4	30	17	4
30	14-06-1984	29	140	47	62	0	0	54	0	98
31	06-02-1985	95	0	0	165	54	69	34	41	10
32	15-03-1986	40	75	60	51	17	22	55	45	34



Tabel 4.1.3 : Durah Hujan Harian Maksimum Rata-rata

No Stasiun	Stasiun									
	16	21a	21b	43	49a	59a	61	63	70	70
Koef. Thiessen	0,062	0,166	0,248	0,122	0,075	0,143	0,066	0,066	0,069	0,069
02-05-1955	0	24,2	29,6	3,29	6,20	0,78	2,86	0,66	1,24	68,9
21-11-1956	4,18	27,4	23,3	5,61	0	0,49	6,86	0	3,04	69,8
25-05-1957	1,15	25,4	30,6	0,73	5,63	0,35	3,72	1,12	1,73	70,6
15-08-1958	3,03	33,6	32,7	0	8,63	1,36	1,57	1,52	0,69	92,6
07-05-1959	9,16	13,1	47,1	1,22	2,25	0	0	2,05	0	71
03-09-1960	3,53	25,4	32,5	9,15	6,23	1,74	0	0	1,04	80
08-05-1961	0,33	21,6	38,0	1,95	1,95	0,41	6,44	1,45	0,90	93,4
15-03-1962	5,41	13,5	18,6	17,6	7,95	0	16,0	6,07	3,80	68,9
23-11-1963	1,97	6,47	50,0	6,1	2,33	1,63	4,72	2,13	2,76	79
21-04-1966	2,62	3,82	31,7	3,66	9,15	2,84	1,60	0,35	0,41	55,5
08-11-1965	0	14,1	22,8	0,49	4,88	1,28	8,58	8,58	3,45	64,2
21-04-1966	7,79	17,9	23,8	4,27	4,73	0,35	6,44	1,85	0,41	67,6
07-10-1967	1,97	13,3	27,8	6,34	6,00	2,84	10,3	0,99	1,45	71,0
01-09-1968	1,97	20,6	26,3	9,15	3,38	0,55	0	1,06	0,90	63,7
09-04-1969	3,28	19,3	44,6	3,54	2,10	3,45	13,4	7,13	2,21	99,0
22-09-1970	3,69	22,4	27,8	14,4	0	0,09	0	0,40	0,90	69,7
15-09-1971	5,49	9,96	27,8	7,08	6,08	0,35	5,43	1,93	0	64,3
29-12-1972	1,72	6,64	46,9	9,15	1,73	0	16,7	5,68	2,21	84,7
11-01-1973	0	3,16	37,2	0,38	2,25	1,10	2,36	0,40	1,33	48,3
15-02-1974	1,48	2,16	36,0	1,83	5,90	1,39	1,453	0,59	0,93	49,8
31-07-1975	0	0	25,3	9,76	1,20	0	0	0	0	36,3
23-01-1976	5,58	2,66	23,0	6,34	3,75	1,54	3,86	0,73	8,07	60,6
17-04-1977	0	0	22,3	9,76	0,60	0,20	2,0	2,31	0	37,2
16-06-1978	4,18	4,98	49,6	1,95	3,15	2,55	4,72	3,37	4,97	79,5
03-10-1979	5,58	24,9	26,5	2,93	9,08	3,63	3,72	4,09	4,42	84,9
04-12-1980	0	24,9	26,8	6,95	1,68	1,33	11,9	0,99	1,38	76,3
24-10-1981	3,12	14,9	75,4	4,03	2,03	1,74	4,43	1,12	0,35	107
06-01-1982	0,74	26,6	40,4	0,73	0,83	0	8,58	0	5,52	85,9
28-09-1983	6,31	29,9	13,4	0	2,40	0,12	0,43	1,12	0,28	53,9
14-06-1984	2,36	23,2	11,7	7,56	0	0	7,72	0	6,76	59,5
06-02-1985	7,63	0	0	30,4	4,05	1,29	4,34	2,71	0,69	42
13-03-1986	3,20	12,5	14,9	6,22	1,28	0,66	7,58	2,97	2,35	51,7

Tabel 4.1.4 : Rangkang Curah Hujan Harian Maksimum.

Rangkang	Tanggal Kejadian	Besar Hujan (mm)
1	24-10-1981	107,00
2	09-04-1969	99,00
3	09-05-1961	93,04
4	15-03-1962	88,87
5	03-10-1979	84,89
6	29-12-1972	84,73
7	06-10-1982	83,88
8	15-08-1958	82,57
9	08-09-1960	79,58
10	16-06-1978	79,47
11	23-01-1963	79,00
12	04-12-1980	76,08
13	07-05-1959	70,96
14	07-10-1967	70,95
15	25-05-1937	70,58
16	21-11-1956	69,84
17	22-09-1970	69,67
18	02-03-1955	68,87
19	21-04-1966	67,58
20	15-08-1971	64,29
21	08-01-1965	64,19
22	01-09-1968	63,68
23	23-01-1976	60,55
24	14-06-1984	59,30
25	21-08-1964	55,57
26	28-09-1983	53,93
27	13-03-1986	51,65
28	15-02-1974	49,77
29	11-01-1973	48,33
30	06-02-1985	42,00
31	17-09-1977	37,19
32	31-07-1975	36,26

Besar Hujan Rata-rata ( $\bar{X}$ ) = 69,18 mm

Tabel 4.1.5 : Data Debit Bulanan Pada Stasiun Batu Beulah

Tahun	Bulan											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	Oktr	Nov	Dus
1970	92,4	110	111	103	130	120	97,3	42,4	50,1	82,7	113	149
71	48,8	112	89	80,5	65,1	58,4	43,0	65,4	33,9	77,7	63,3	77,5
72	140	95,5	122	111	92,5	21,6	14,7	25,7	10,7	36,2	76,5	109
73	96,0	132	85,0	130	116	71,2	54,0	65,9	95,6	107	68,6	85,8
74	102	80,5	50,5	93,0	106	50,2	68,8	92,3	139	103	75,6	42,6
75	65,0	92,5	68,6	68,6	79,1	39,2	53,3	73,6	107	73,2	79,6	41,3
76	140	67,5	70,8	82,2	57,2	35,3	15,5	24,3	20,7	70,6	62,4	53,8
77	113	85,0	118	100	131	74,1	23,2	16,7	30,2	50,8	75,6	71,6
78	99,9	69,3	101	52,1	67,9	62,7	62,5	64,6	75	71,4	64,1	81
79	89,1	100	74,6	109	63,1	53,6	40,6	31,8	52,7	88,8	109	61,3
1980	96,3	62,4	69,1	91,1	78,7	41,3	31,5	50,8	95	90,7	104	97,5
81	118	80,4	118	105	84	74,1	75,6	61,9	88,7	73,7	53,2	56,6
82	125	62	46,6	105	61,4	27,3	18	12,4	13,8	28,6	88,7	60,4
83	75,7	70	65,6	72,0	66,2	26,5	23,1	15,7	26,4	54,7	63,6	42,6
84	72,6	59,4	60,1	88,6	78,7	49,8	34,3	52,4	62,9	56,9	74,9	36,8
Rata-2	98,3	85,3	82,1	85,1	85,1	54,3	43,7	46,5	60,1	70,7	80,4	73,3
STD	25,4	20,7	24,0	10,9	23,9	24,2	23,0	23,8	37,4	22,4	16,7	13,1

Tabel 4.1.6 : Data Debit Tahunan

Tahun	Q minimum (m <sup>3</sup> /det)	Q rata-rata (m <sup>3</sup> /det)	Q Maksimum (m <sup>3</sup> /det)
1970	42,4	100,2	149
71	33,9	66,4	80,5
72	10,7	70,8	140
73	54,0	92,4	130
74	42,6	84,3	139
75	39,2	70,1	107
76	15,5	58,4	140
77	15,5	58,4	131
78	16,7	74,0	101
79	52,1	75,0	109
1980	31,0	75,7	104
81	31,5	82,4	118
82	53,2	55,8	125
83	12,4	50,2	75,7
84	34,3	60,6	88,6
Rata-rata	32,4	74,7	115,85

### 1. Perhitungan Curah Hujan Dengan Periode Ulang

Untuk menghitung curah hujan dengan periode ulang dipergunakan metode Gumbel. dengan perumusan :

$$X_{TR} = \bar{X} + K \cdot \sigma_X$$

Dimana :

$X_{TR}$  = Besarnya curah hujan untuk periode ulang  $T_R$  tahun dalam (mm)

$\bar{X}$  = Curah hujan maksimum rata-rata selama periode tahun pengamatan dalam mm

$K$  = faktor frekwensi, yaitu  $K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$

$\sigma_X$  = Standar deviasi

$$\sigma_X = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Perhitungan :

Untuk perhitungan curah hujan dengan periode ulang akan ditabelkan pada tabel 4.1.9. Dari tabel 4.1.8. diperoleh sebagai berikut :

$$n = 32 \dots\dots\dots Y_n = 0,5380$$

$$S_n = 1,1193$$

$$Y_t = -\ln [-\ln \{(T_r - 1)/T_r\}]$$

Dimana :

$T_r$  (tahun) periode

Dari tabel 4.1.4. didapat :

Daftar Nilai  $t$  Untuk  $\alpha$  / Engineering Hydrology

33	0.5300	37	0.5511	61	0.5590
32	0.5300	36	0.5509	60	0.5589
31	0.5312	35	0.5504	59	0.5587
30	0.5312	34	0.5501	58	0.5585
29	0.5315	33	0.5500	57	0.5584
28	0.5315	32	0.5499	56	0.5583
27	0.5312	31	0.5495	55	0.5580
26	0.5320	30	0.5495	54	0.5580
25	0.5307	29	0.5491	53	0.5579
24	0.5296	28	0.5487	52	0.5578
23	0.5283	27	0.5483	51	0.5577
22	0.5282	26	0.5480	50	0.5576
21	0.5282	25	0.5475	49	0.5574
20	0.5235	24	0.5475	48	0.5571
19	0.5220	23	0.5473	47	0.5569
18	0.5202	22	0.5468	46	0.5567
17	0.5181	21	0.5468	45	0.5566
16	0.5157	20	0.5465	44	0.5564
15	0.5120	19	0.5460	43	0.5562
14	0.5090	18	0.5458	42	0.5560
13	0.5070	17	0.5453	41	0.5558
12	0.5055	16	0.5448	40	0.5555
11	0.4996	15	0.5442	39	0.5553
10	0.4922	14	0.5435	38	0.5550
		13	0.5428	37	0.5548
		12	0.5420	36	0.5546
		11	0.5418	35	0.5543
		10	0.5410	34	0.5540
		9	0.5402	33	0.5537
		8	0.5396	32	0.5534
		7	0.5389	31	0.5531
		6	0.5381	30	0.5528
		5	0.5374	29	0.5524
		4	0.5366	28	0.5520
		3	0.5358	27	0.5516
		2	0.5350	26	0.5511
		1	0.5341	25	0.5507
		0	0.5332	24	0.5503
			0.5323	23	0.5500
			0.5315	22	0.5497
			0.5306	21	0.5493
			0.5297	20	0.5489
			0.5288	19	0.5485
			0.5279	18	0.5480
			0.5270	17	0.5475
			0.5261	16	0.5470
			0.5252	15	0.5465
			0.5243	14	0.5460
			0.5234	13	0.5455
			0.5225	12	0.5450
			0.5216	11	0.5445
			0.5207	10	0.5440
			0.5198	9	0.5435
			0.5189	8	0.5430
			0.5180	7	0.5425
			0.5171	6	0.5420
			0.5162	5	0.5415
			0.5153	4	0.5410
			0.5144	3	0.5405
			0.5135	2	0.5400
			0.5126	1	0.5395
			0.5117	0	0.5390
			0.5108		0.5385
			0.5099		0.5380
			0.5090		0.5375
			0.5081		0.5370
			0.5072		0.5365
			0.5063		0.5360
			0.5054		0.5355
			0.5045		0.5350
			0.5036		0.5345
			0.5027		0.5340
			0.5018		0.5335
			0.5009		0.5330
			0.5000		0.5325
			0.4991		0.5320
			0.4982		0.5315
			0.4973		0.5310
			0.4964		0.5305
			0.4955		0.5300
			0.4946		0.5295
			0.4937		0.5290
			0.4928		0.5285
			0.4919		0.5280
			0.4910		0.5275
			0.4901		0.5270
			0.4892		0.5265
			0.4883		0.5260
			0.4874		0.5255
			0.4865		0.5250
			0.4856		0.5245
			0.4847		0.5240
			0.4838		0.5235
			0.4829		0.5230
			0.4820		0.5225
			0.4811		0.5220
			0.4802		0.5215
			0.4793		0.5210
			0.4784		0.5205
			0.4775		0.5200
			0.4766		0.5195
			0.4757		0.5190
			0.4748		0.5185
			0.4739		0.5180
			0.4730		0.5175
			0.4721		0.5170
			0.4712		0.5165
			0.4703		0.5160
			0.4694		0.5155
			0.4685		0.5150
			0.4676		0.5145
			0.4667		0.5140
			0.4658		0.5135
			0.4649		0.5130
			0.4640		0.5125
			0.4631		0.5120
			0.4622		0.5115
			0.4613		0.5110
			0.4604		0.5105
			0.4595		0.5100
			0.4586		0.5095
			0.4577		0.5090
			0.4568		0.5085
			0.4559		0.5080
			0.4550		0.5075
			0.4541		0.5070
			0.4532		0.5065
			0.4523		0.5060
			0.4514		0.5055
			0.4505		0.5050
			0.4496		0.5045
			0.4487		0.5040
			0.4478		0.5035
			0.4469		0.5030
			0.4460		0.5025
			0.4451		0.5020
			0.4442		0.5015
			0.4433		0.5010
			0.4424		0.5005
			0.4415		0.5000
			0.4406		0.4995
			0.4397		0.4990
			0.4388		0.4985
			0.4379		0.4980
			0.4370		0.4975
			0.4361		0.4970
			0.4352		0.4965
			0.4343		0.4960
			0.4334		0.4955
			0.4325		0.4950
			0.4316		0.4945
			0.4307		0.4940
			0.4298		0.4935
			0.4289		0.4930
			0.4280		0.4925
			0.4271		0.4920
			0.4262		0.4915
			0.4253		0.4910
			0.4244		0.4905
			0.4235		0.4900
			0.4226		0.4895
			0.4217		0.4890
			0.4208		0.4885
			0.4199		0.4880
			0.4190		0.4875
			0.4181		0.4870
			0.4172		0.4865
			0.4163		0.4860
			0.4154		0.4855
			0.4145		0.4850
			0.4136		0.4845
			0.4127		0.4840
			0.4118		0.4835
			0.4109		0.4830
			0.4100		0.4825
			0.4091		0.4820
			0.4082		0.4815
			0.4073		0.4810
			0.4064		0.4805
			0.4055		0.4800
			0.4046		0.4795
			0.4037		0.4790
			0.4028		0.4785
			0.4019		0.4780
			0.4010		0.4775
			0.4001		0.4770
			0.3992		0.4765
			0.3983		0.4760
			0.3974		0.4755
			0.3965		0.4750
			0.3956		0.4745
			0.3947		0.4740
			0.3938		0.4735
			0.3929		0.4730
			0.3920		0.4725
			0.3911		0.4720
			0.3902		0.4715
			0.3893		0.4710
			0.3884		0.4705
			0.3875		0.4700
			0.3866		0.4695
			0.3857		0.4690
			0.3848		0.4685
			0.3839		0.4680
			0.3830		0.4675
			0.3821		0.4670
			0.3812		0.4665
			0.3803		0.4660
			0.3794		0.4655
			0.3785		0.4650
			0.3776		0.4645
			0.3767		0.4640
			0.3758		0.4635
			0.3749		0.4630
			0.3740		0.4625
			0.3731		0.4620
			0.3722		0.4615
			0.3713		0.4610
			0.3704		0.4605
			0.3695		0.4600
			0.3686		0.4595
			0.3677		0.4590
			0.3668		0.4585
			0.3659		0.4580
			0.3650		0.4575
			0.3641		0.4570
			0.3632		0.4565
			0.3623		0.4560
			0.3614		0.4555
			0.3605		0.4550
			0.3596		0.4545
			0.3587		0.4540
			0.3578		0.4535
			0.3569		0.4530
			0.3560		0.4525
			0.3551		0.4520
			0.3542		0.4515
			0.3533		0.4510
			0.3524		0.4505
			0.3515		0.4500
			0.3506		0.4495
			0.3497		0.4490
			0.3488		0.4485
			0.3479		0.4480
			0.3470		0.4475
			0.3461		0.4470
			0.3452		0.4465
			0.3443		0.4460
			0.3434		0.4455
			0.3425		0.4450
			0.3416		0.4445
			0.3407		0.4440
			0.3398		0.4435
			0.3389		0.4430
			0.3380		0.4425
			0.3371		0.4420
			0.3362		0.4415
			0.3353		0.4410
			0.3344		0.4405
			0.3335		0.4400
			0.3326		0.4395
			0.3317		0.4390
			0.3308		0.4385
			0.3299		0.4380
			0.3290		0.4375
			0.3281		0.4370
			0.3272		0.4365
			0.3263		0.4360
			0.3254		0.4355
			0.3245		0.4350
			0.3236		0.4345
			0.3227		0.4340
			0.3218		0.4335
			0.3209		

Tabel 4.1.7c : Reduced Variate Sebagai Fungsi Waktu Balik

$T_r$ (tahun)	Reduced Variate ( $Y_T$ )	$T_r$ (tahun)	Reduced Variate ( $Y_T$ )
5	1,4999	200	5,2958
10	2,2504	500	6,2136
50	3,9019		
100	4,6001	1000	6,9072

Tabel 4.1.8 : Tinggi Curah Hujan Dari Beberapa Periode Ulang Tertentu.

Periode Ulang ( $T_r$ )	$\bar{x}$	K	$\sigma_x$	$x_{TR}$
5	69,18	0,8586	17,211	83,97
10	69,18	1,5297	17,211	92,52
50	69,18	3,0054	17,211	120,94
100	69,18	3,6291	17,211	131,68
200	69,18	4,2509	17,211	142,39
500	69,18	5,0713	17,211	156,52
1000	69,18	5,7009	17,211	167,36
PMP	69,18	16,5000	17,211	353,34

Curah hujan efektif pada waduk Parung Badak ditentukan berdasarkan studi mengenai curah hujan yang jatuh di daerah tangkapan dengan hubungan terhadap luas daerah dan di plot kedalam grafik yang menunjukkan hubungan antara luas daerah tangkapan hujan dengan faktor pengurangan



daerah yang besarnya merupakan harga rata-rata dari penyelidikan yang pernah dilakukan, yaitu sebesar 0,43215. Maka besar hujan efektif untuk masing-masing periode dapat dilihat pada tabel 4.1.9.

Tabel 4.1.9 : Hujan Efektif

Periode Ulang (Tr),	R efektif (mm)
5	38,21
10	41,19
50	52,16
100	56,79
200	61,41
500	67,50
1000	72,17
PMP	152,38

## 2. Hidrograf Banjir

Hidrograf satuan paling baik diturunkan dari hidrograf yang berintensitas cukup seragam, durasi dari panjang yang diinginkan dan volume aliran hujan yang relatif besar. Dari pencatatan hujan ada beberapa kejadian yang tercatat baik dan dari kejadian ini diambil akibat hujan dengan durasi yang sama disini terdapat dua kejadian yang dicatat dari stasiun Batu Boleh pada tanggal 18 Maret 1981 dan tanggal 14 Juni 1984 yang diakibatkan oleh hujan selama 5 jam.

Prosedur selanjutnya ialah dengan menghitung aliran puncak dan waktu ke puncak. Hidrograf satuan rata-rata kemudian disket untuk disesuaikan dengan bentuk-bentuk hidrograf lainnya, dengan puncak rata-rata yang dihitung, dan mendapatkan volume satuan yang diinginkan.

Hidrograf aliran dapat dilihat pada tabel 4.1.10, dan tabel 4.1.11, dan hasil hitungan untuk hujan efektif aliran ditunjuk dengan tabel adalah sebagai berikut :

- Kejadian tgl 18 Maret 1981

$$R_{\text{eff}} = \frac{5346,76 \times 3,6}{860 \times 10^3} = 0,02238 \text{ m} \\ = 22,38 \text{ mm}$$

- Kejadian tgl 14 Juni 1984

$$R_{\text{eff}} = \frac{3222,2 \times 3,6}{860 \times 10^3} = 0,0135 \text{ m} \\ = 13,50 \text{ mm}$$



# 4.1.2. Hidrograf Banjir

Tabel 4.1.10 : Hidrograf Aliran tanggal 18 Maret 1981,  
akibat hujan selama 5 jam.

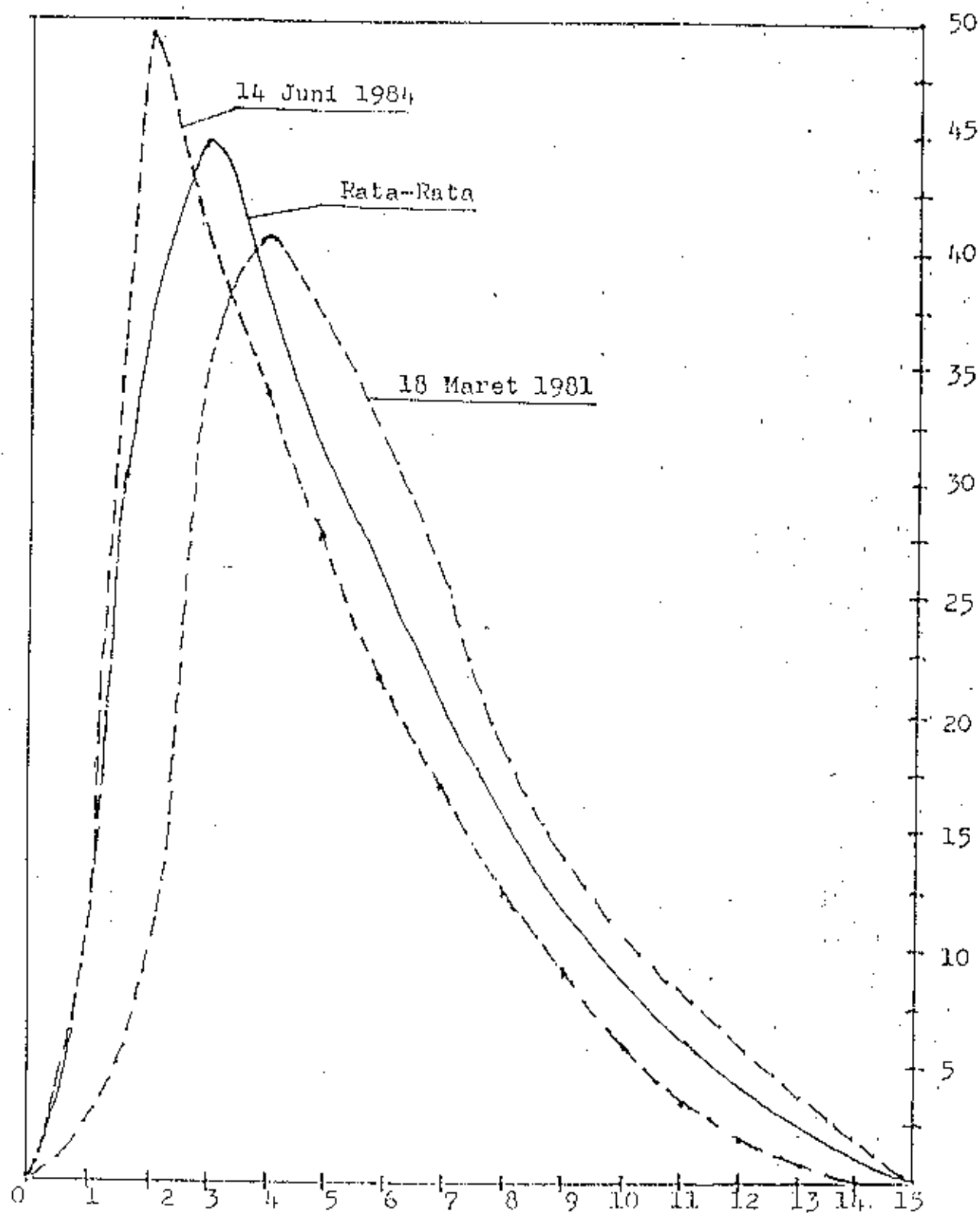
Jam	Aliran Total (m <sup>3</sup> /det)	Aliran Dasar (m <sup>3</sup> /det)	Aliran Langsung (m <sup>3</sup> /det)	Ordinat Hidrograf (m <sup>3</sup> /det)
19.00	66,7	19,2	47,5	2,211
20.00	253,6	19,3	234,3	10,47
21.00	761,5	19,59	741,91	33,15
22.00	926,9	19,85	907,05	40,53
23.00	827,7	20,11	807,59	36,09
24.00	700,6	20,37	680,23	30,4
01.00	584,6	20,63	563,97	25,2
02.00	423	20,89	402,11	17,97
03.00	323,1	21,15	301,95	13,5
04.00	246,2	21,41	224,79	10,04
05.00	188,5	21,67	166,83	7,45
06.00	153,9	21,93	131,97	5,9
07.00	110	22,19	87,81	3,92
08.00	69,2	22,45	46,75	2,09
09.00	22,5	22,50	0,0	0,00
5346,76				

Tabel 4.1.11 : Hidrograf Aliran tanggal 14 Juni 1984,  
akibat hujan selama 5 jam

Jam	Aliran Total (m <sup>3</sup> /det)	Aliran Dasar (m <sup>3</sup> /det)	Aliran Langsung (m <sup>3</sup> /det)	Ordinat Hidrograf
19.00	38,8	38,8	0	0
20.00	254,7	38,9	215,8	15,99
21.00	700,0	39,1	660,9	48,96
22.00	600,0	39,2	560,8	41,54
23.00	488,2	39,4	448,8	33,24
24.00	404,7	39,6	365,1	27,04
01.00	323,5	39,8	283,7	21,02
02.00	258,8	40,0	218,8	16,21
03.00	203,8	40,1	163,7	12,50
04.00	164,7	40,3	120,4	8,92
05.00	129,4	40,5	88,9	6,59
06.00	94,1	40,7	53,4	3,96
07.00	70,6	40,9	29,7	2,20
08.00	48,2	41,1	7,2	0,50
09.00	41,2	41,2	0,0	0,00
3222,2				



Gambar 4.2 : Hidrograph Satuan Rate-rata



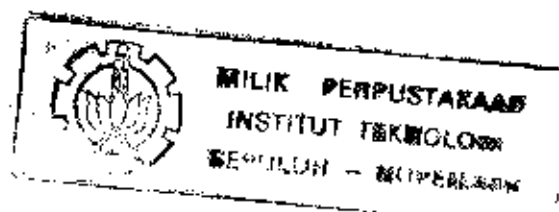
Tabel 4.1.12 : Rata-rata Hidrograf Satuan Akibat Hujan Selama 5 Jam (UH=5Jam, 1mm)

Jam-jam	Debit (m <sup>3</sup> /det)
0	0
1	12,00
2	36,30
3	44,75
4	36,30
5	29,78
6	23,80
7	19,00
8	14,95
9	11,60
10	8,60
11	5,90
12	3,87
13	1,90
14	0,55
15	0

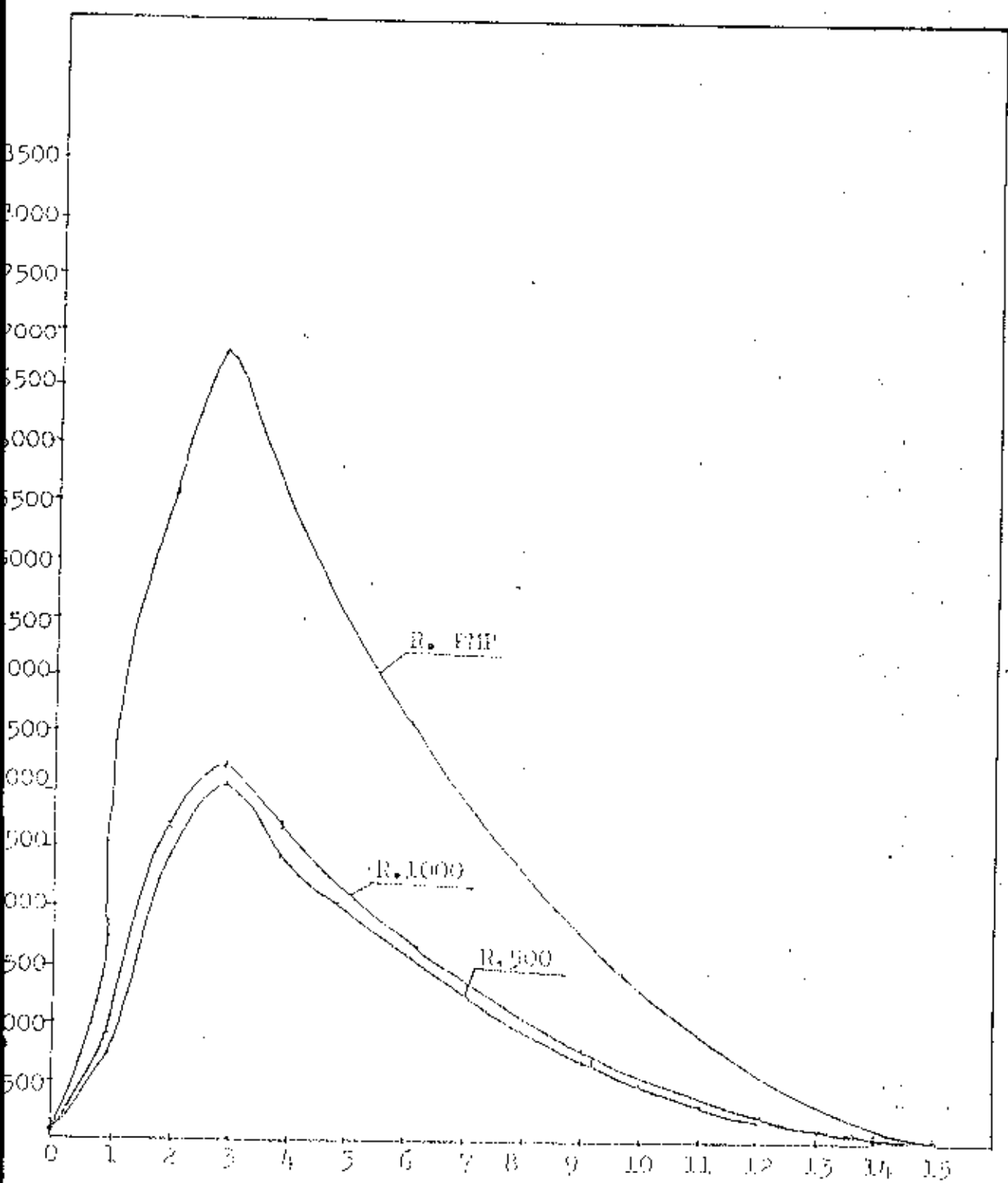
Tabel 4.1.13 : Hidrograph Banjir

Bab 7. Statistik Periode Banjir								
Q (m <sup>3</sup> /det)	Q (m <sup>3</sup> /det)	Q (m <sup>3</sup> /det)	Q (m <sup>3</sup> /det)	Q (m <sup>3</sup> /det)	Q (m <sup>3</sup> /det)	Q (m <sup>3</sup> /det)	Q (m <sup>3</sup> /det)	Q (m <sup>3</sup> /det)
100	100	100	100	100	100	100	100	100
41,17 mm	56,73 mm	61,41 mm	61,54 mm	72,17 mm	115,38 mm			
0	0	12,4	77,4	32,4	32,4	32,4	32,4	72,4
1	12,6	72,4	52,68	717,02	767,32	842,4	698,41	1660,76
2	36,7	72,4	1577,50	2091,00	2151,50	2192,65	2657,17	6553,79
3	44,75	72,4	1875,65	2273,35	2190,50	3057,07	3232,01	6851,41
4	36,30	72,4	1577,60	2027,89	2251,50	2182,63	2652,17	5563,79
5	29,78	72,4	1259,04	1721,61	1821,19	2042,55	2182,62	4570,28
6	23,80	72,4	1012,722	1304,0	1493,36	1639,30	1750,05	3659,04
7	19,0	72,4	815,01	1111,41	1179,17	1314,90	1407,65	2727,62
8	14,95	72,4	649,18	881,41	950,49	1079,50	1107,19	2205,31
9	11,60	72,4	510,10	671,16	719,76	815,40	849,57	1660,01
10	8,60	72,4	396,67	520,79	560,52	612,79	650,06	1342,87
11	5,90	72,4	275,72	364,46	394,77	430,65	458,70	970,44
12	3,87	72,4	191,21	252,10	270,96	273,63	311,70	622,41
13	1,90	72,4	111,65	141,70	146,68	160,65	165,54	331,52
14	0,55	72,4	55,06	67,64	66,19	67,57	72,09	116,21
15	0	72,4	22,7	21,40	22,7	22,40	22,50	22,40

12.17



Section 4.3 : Histograms, Bar Chart, Rencana



#### 4.1.3. Lengkung Kapasitas dan Luas Waduk

Dikawatirkan polder di laut Waduk Parung Badak pada gambar 1.2 maka dapat disusun hubungan antara elevasi dan volume tampung waduk.

Perumusan yang dipergunakan :

$$I = \sum (F_i + F_{i+1}) / 2 (h_{i+1} - h_i)$$

dimana :

$I$  = Volume waduk

$F_i$  = Luas permukaan pada elevasi  $ke_i$

$F_{i+1}$  = Luas permukaan pada elevasi  $ke_{i+1}$

$h_i$  = Garis tinggi pada countur  $ke_i$

$H_{i+1} - h_i$  = Beda garis tinggi

Perhitungan volume waduk dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

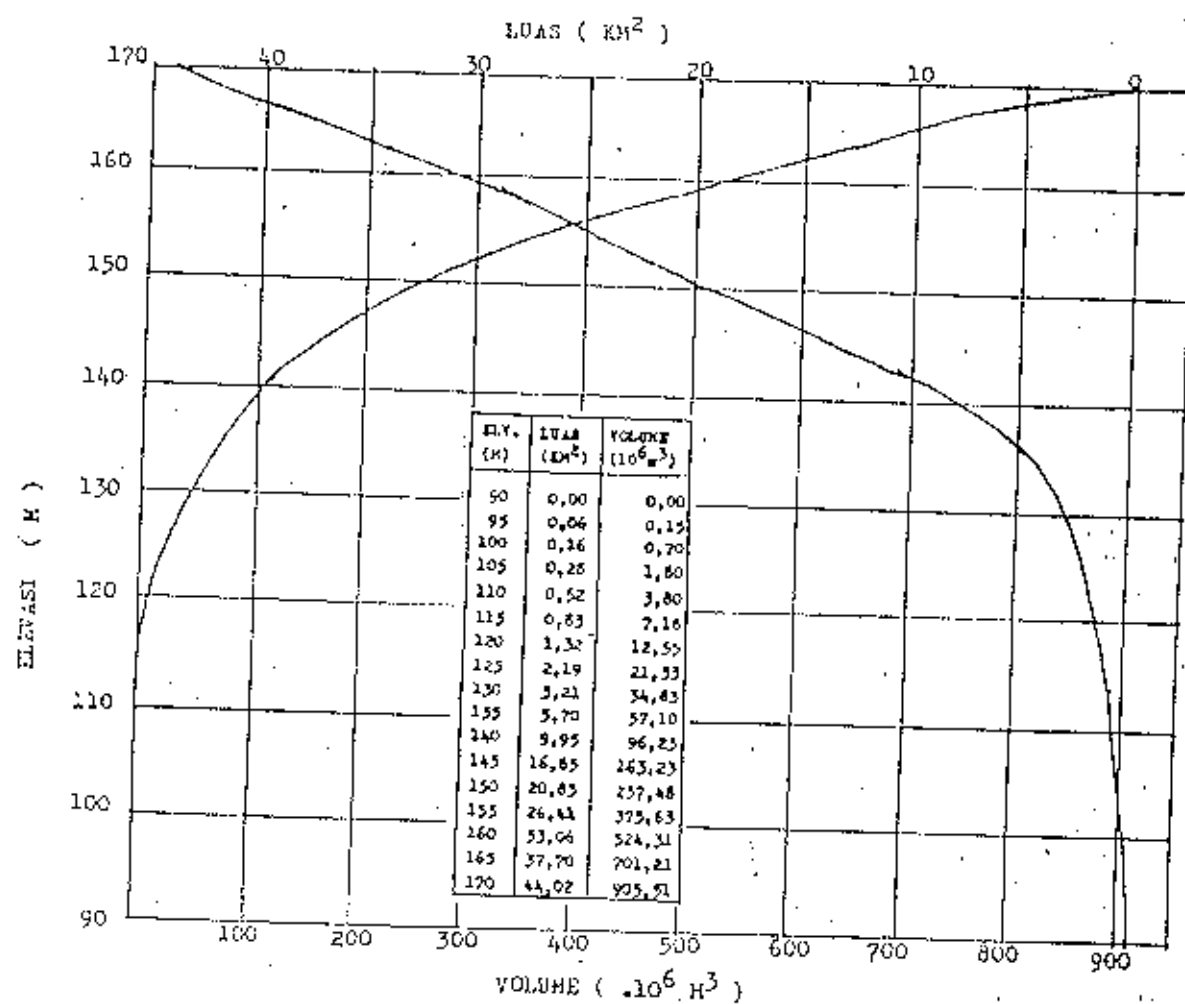
Tabel 4.1.14 : Perhitungan Volume Waduk Parung Badak

Elevasi	Luas . $10^6 m^2$	Rata-2 . $10^6 m^2$	Beda Tinggi m	Isi . $10^6 m^3$	Kumulatif . $10^6 m^3$
+ 90	0,00				0,00
+ 95	0,06	0,03	5	0,15	0,15
+ 100	0,16	0,11	5	0,55	0,70
+ 105	0,28	0,22	5	1,10	1,80
+ 110	0,52	0,40	5	2,00	3,80
+ 115	0,83	0,675	5	3,375	7,18
+ 120	1,32	1,075	5	5,375	12,55
+ 125	2,19	1,755	5	8,775	21,33
		2,70	5	13,50	

Lanjutan Tabel 4.1.14 : Perhitungan Volume Waduk Parung Badak

+ 130	3,21	2,70	5	13,50	34,83
+ 130	3,21	4,455	5	22,275	34,83
+ 135	5,70	7,825	5	39,125	57,10
+ 140	9,95	13,4	5	67	96,23
+ 145	16,85	18,85	5	95,25	163,23
+ 150	20,85	23,63	5	118,15	257,63
+ 155	26,41	29,735	5	148,675	375,63
+ 160	33,06	35,30	5	176,90	524,31
+ 165	37,70	40,66	5	204,30	701,21
+ 170	44,02				905,51

Gambar 4.4 : Kurva Hubungan Elevasi - Luas - Kapasitas



#### 4.1.4 Kapasitas Tampung Waduk

Untuk perhitungan kapasitas tampung waduk Parung Badak digunakan suatu model simulasi inflow-outflow dengan rumus kontinuitas, sebagian berikut :

$$\frac{dS}{dt} = I - O - E$$

dimana :

S = tampungan waduk ( $m^3$ )

O = Outflow ( $m^3$ )

E = Evaporasi ( $m^3$ )

I = Inflow ( $m^3$ )

##### 1. Debit Inflow

Pada perencanaan debit yang dipergunakan adalah debit bulanan pada tahun terkering (tahun pengamatan), yaitu pada tahun 1983 (tabel 4.1.15)

##### 2. Debit Out Flow

Outflow yang terjadi pada bendungan Parung Badak meliputi :

- debit yang dipakai sebagai pembangkit PLTA, irigasi air minum, dan sebagainya.
- Volume evaporasi pada genangan waduk

Data-data yang dapat dikumpulkan seperti pada tabel dibawah ini :



Tabel 4.1.15 : Debit Tahunan Rata-rata

Ranking	Tahun	$Q(m^3/det)$	$t_p = \frac{100 m}{n + 1} \%$	Kemungkinan Kering
1	1970	100,2	6,25	93,75
2	1973	92,4	12,50	87,50
3	1974	84,3	18,75	81,25
4	1981	82,4	25,00	75,00
5	1980	75,7	31,25	68,25
6	1978	75,0	37,50	62,50
7	1979	74,5	43,75	56,25
8	1977	74,0	50,00	50,00
9	1972	70,8	56,25	43,75
10	1975	70,1	62,50	37,50
11	1971	66,4	68,75	31,25
12	1984	60,6	75,00	25,00
13	1976	58,4	81,25	18,75
14	1982	55,8	87,50	12,50
15	1983	50,2	93,75	6,25

Debit inflow dari tabel 4.1.15 ternyata debit rata-rata bulanan pada tahun terkering jatuh pada tahun 1983, merupakan debit inflow sebesar  $50,2 m^3/det$ . (tabel 4.1.6)

Tabel 4.1.16 : Inflow Rata-rata Bulanan Tahun Terkering

Bulan	Debit (m <sup>3</sup> /det)
Januari	75,4
Februari	70,0
Maret	65,6
April	72,8
Mei	66,2
Juni	26,5
Juli	23,1
Agustus	15,7
September	26,4
Oktober	54,7
November	63,6
Desember	42,6

Debit andalan dapat dicari dari tabel 4.1.5 dengan cara membuat ranking data bulanan dengan menghilangkan urutan kejadian 180 data debit. Dimana debit andalan merupakan debit-debit yang disamai atau dilampaui, kemudian ditetapkan suatu frekuensi kejadian dimana didalamnya terdapat paling sedikit satu kegagalan. Besar andalan, berdasarkan pengamatan yang diambil untuk penyelesaian optimum penggunaan air di beberapa macam proyek adalah sebagai berikut:

- Penyediaan Air Minum 99 %
- Penyediaan Air Industri 95 - 98 %
- Penyediaan Air Irigasi 70 - 85 %  
daerah beriklim setengah lembab 80 - 95 %
- Penyediaan PLTA 85 - 95 %

Maka debit andalan PLTA didapat sebesar 20 m<sup>3</sup>/det

Tabel 4.1.17 : Kebutuhan Air Rata-rata Bulanan

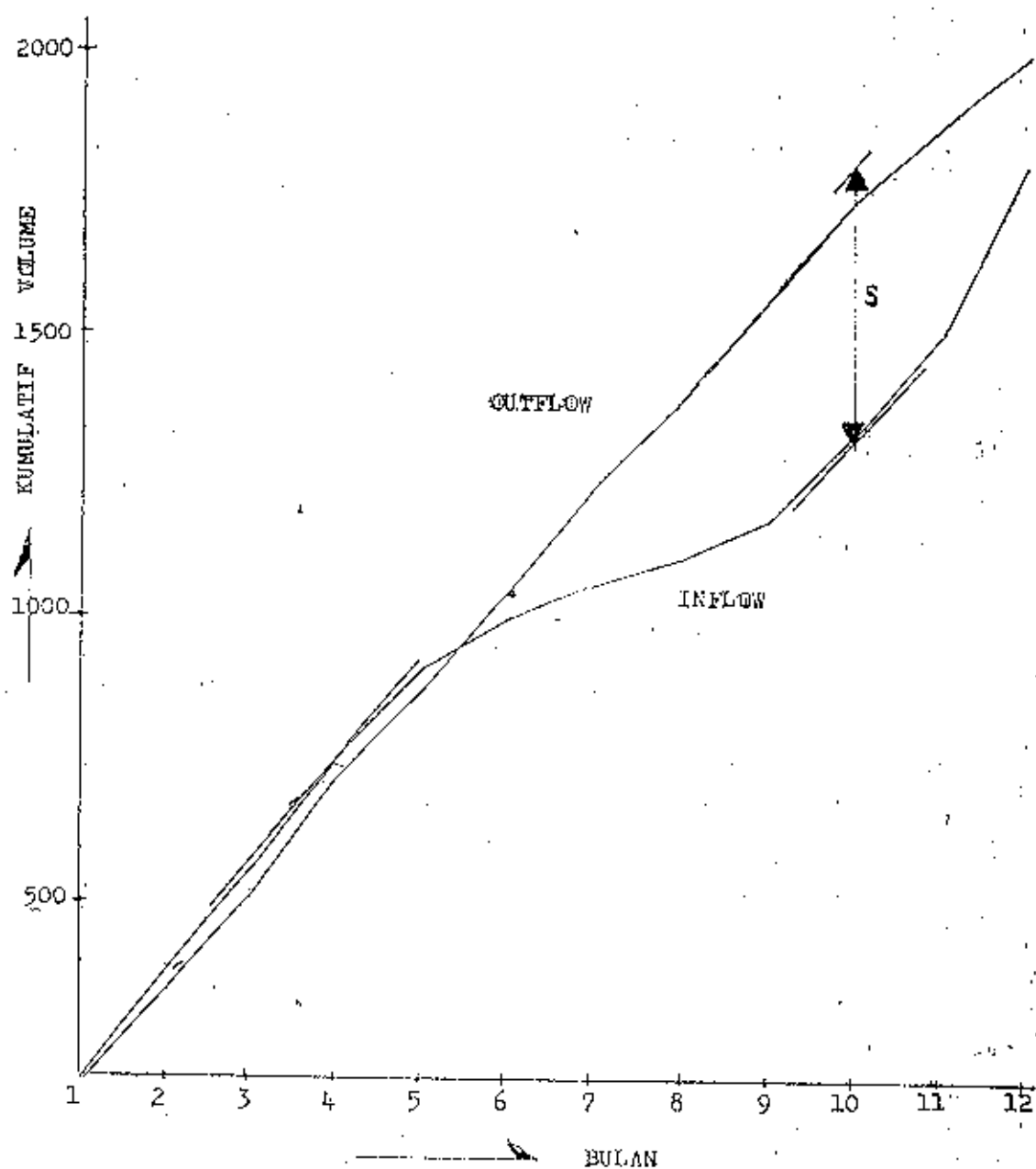
Bulan	Q tersedia (m <sup>3</sup> /det)	Evaporasi (mm/hari)	Hujan (mm/bln)	Kebutuhan Air : PLTA, Irigasi, AM
Jan	75,4	1	409,35	64,56
Feb	70	1	362,55	65,34
Mar	65	1	388,38	65,23
Apr	72,8	1,5	412,06	64,04
Mei	66,2	2	606,45	64,85
Jun	26,5	2	236,23	64,66
Jul	23,1	2	203,84	64,19
Agst	15,7	2	226,37	62,83
Sep	26,4	1,5	396,81	61,35
Okt	54,7	1	485,39	60,54
Nop	63,3	1	476,40	60,20
Des	42,6	1	458,76	60,80

Tabel 4.1.18 : Hasil Perhitungan Volume Tampung Waduk

Bulan	Kumulatif Inflow $\times 10^6 \text{ m}^3$	Kumulatif Outflow $\times 10^6 \text{ m}^3$	Volume Tampungan $\times 10^6 \text{ m}^3$
Jan	205,539	187,901	17,638
Feb	395,827	365,948	29,879
Mar	574,871	543,983	30,888
Apr	773,515	753,338	50,177
Mei	957,886	914,653	43,223
Jun	1029,154	1087,822	- 58,668
Jul	1091,065	1258,903	-167,838
Agst	1133,195	1430,960	-297,765
Sep	1205,325	1606,939	-401,614
Okt	1356,201	1768,022	-411,821
Nop	1528,981	1852,639	-323,658
Des	1831,386	2023,893	-192,507

$$\begin{aligned}\text{Volume tampungan waduk} &= ( 50,177 + 411,821 ) \cdot 10^6 \text{ m}^3 \\ &= 461,988 \cdot 10^6 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Gambar 4.5 : Volume Tampung dan Waduk



#### 4.2 Analisa Sedimentasi

Dalam rangka memberikan penilaian keadaan erosi suatu daerah pengaliran sungai, antara lain dengan melakukan prediksi erosi yang terjadi di DPS dimana hal tersebut dapat dilakukan berdasarkan indikasi laju sedimentasi yaitu dengan melakukan pengukuran di lapangan.

Salah satu metode prediksi erosi yang dipergunakan, yaitu metode hubungan antara faktor-faktor kondisi fisik daerah pengaliran sungai dengan besarnya potensi erosi yang terjadi dimana hubungan tersebut dinyatakan dengan persamaan erosi umum USLE (Universal Soil Loss Equation)

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

dimana :

A = Potensi erosi yang terjadi

R = Erosivitas Hujan

K = Faktor erodibilitas tanah

LS = Faktor kelerengan

CP = Faktor pengelolaan tanaman dan konversi tanah.

Penjelasan dari uraian-uraian dari masing-masing faktor beserta kondisi di lapangan dijelaskan sebagai berikut :

##### 4.2.1 Faktor Curah Hujan

Faktor curah hujan yang merupakan faktor terjadinya erosi, dinyatakan dengan indeks erosivitas (R). Dalam penentuan erosivitas dilakukan dengan menggunakan metode Bols (1978) yaitu sebagai berikut :



$$EI_{30} = 6,119 (R_b^{1-0,11}) (N^{0,474}) (R_{maks}^{0,526})$$

Dimana :

- $EI_{30}$  = Erosivitas Hujan
- $R_b$  = Curah hujan bulanan (cm)
- $R_{maks}$  = Curah hujan maksimum selama 24 jam pada bulan yang bersangkutan.
- $N$  = jumlah hari hujan bulanan

dengan menjumlahkan nilai  $EI_{30}$  bulanan maka diperoleh nilai erosivitas (R) tahunan.

$$R = \sum_{n=1}^{12} (EI_{30})_n$$

dimana : n = periode bulanan yang bersangkutan.

Maka didapat dari hasil hitungan  $R = 1073,58$

#### 4.2.2 Faktor Erodibilitas Tanah (K)

Faktor tanah terhadap potensi erosi ditentukan antara lain oleh sifat fisiknya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya nilai K adalah

- Sifat fisik tanah
- Permeabilitas tanah
- Kemiringan lereng permukaan tanah
- Rukut tanaman
- Pengolahan tanah

Penentuan nilai erodibilitas (K) dilakukan dengan menggunakan Metode dari Penentuan Nilai K, yang mengetahui sifat tanah berdasarkan hasil analisis laboratorium (K) yang dijabarkan dalam tabel 4.1. Berdasarkan penyederhanaan yang dilakukan oleh USDA (1953) dan USDA (1979) maka diperoleh rumus untuk penentuan nilai K sebagai berikut :

Tabel 4.2.1. : Lokasi dan Erudibilitas 1).

No. Lokasi	Nama Lokasi	K
1	Ciomas	0,33
2	Cigambong	0,28
3	Kedunghalang	0,51
4	Ciapur	0,15
5	Bojongjengkoi	0,47
6	Ciangsana	0,16
7	Tenjolaya	0,04
8	Cibening	0,09
9	Nangkabewit	0,10
10	Cibunian	0,35
11	Cisalak	0,17
12	Parakanmuncang	0,32
13	Curugbitung	0,05
14	Tegalwaru	0,05
15	Panenjoan	0,17
16	Cerewed	0,13
RAIA - RATA		0,21

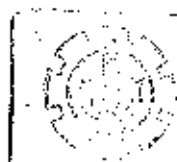
#### 4.2.3 Faktor Kelerengan (Slope Factor)

Kemiringan lereng merupakan faktor penyebab terjadinya erosi, dimana potensi yang paling besar yaitu pada lereng dengan kemiringan terjal (lebih dari 40%). Besar faktor kelerengan (LS) dapat ditentukan dengan mengetahui panjang lereng (L) dan kemiringannya (S). Berdasarkan perumusan Weischmeir, adalah sebagai berikut :

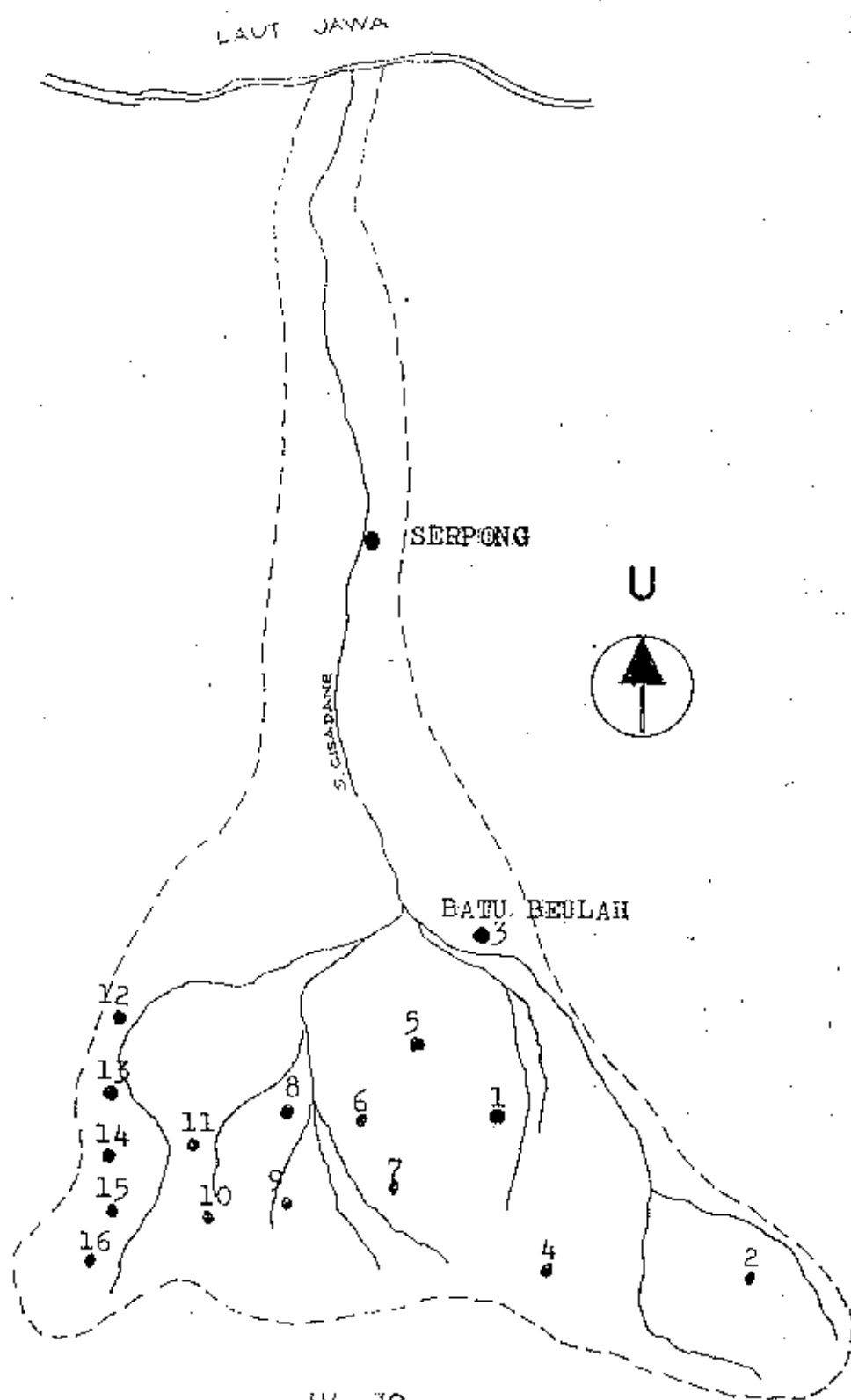
a. Medan yang kemiringan lerengnya kurang dari 20 %

$$LS = L^{0,5} (0,0138 + 0,0097/S + 0,00138.S^2)$$

1) R. S. Weischmeir, Soil Conservation Service, Agricultural Research Service, Washington, D.C., 1958



Gambar 4.6 : Peta Lokasi Pengambilan Contoh-Contoh Tanah  
DPS Cisadane





b. Merian dengan ...

$$L_5 = \left[ \frac{46,21}{22,10} \right]^{0,6} \times \left[ \frac{30}{9,8} \right]^{1,4} = 7,455$$

Karena luas daerah pengaliran mengalami kesetaraan dalam menentukan batas awal dan akhir dari lereng tersebut maka panjang lereng dalam pengertian bahwa erosi terjadi karena adanya run-off, dapat diartikan sebagai panjang lereng dari overland flow ( $L_0$ ), yang besarnya :

$$L_0 = \frac{1}{2.D} \quad (\text{km})$$

dimana :

$D$  = Kerapatan drainase aktual dihitung dengan persamaan

$$D = 1,35 d + 0,265.S + 2,80$$

$S$  = Kemiringan lereng (diambil 30%)

$d$  = Kerapatan drainase ( $d = P/F$ )

$P$  = Panjang drainase (44 km)

$F$  = Luas catchment area (860 km<sup>2</sup>)

maka :  $d = 44/860 \text{ (km)} \approx 0,0512 \text{ km}$

$$D = 1,35.0,0512 + 0,265.30 + 2,80 = 10,819$$

$$L_0 = \frac{1}{2.10,819} = 0,04621 \text{ km} = 46,21 \text{ m}$$

Dengan demikian didapat :

$$L_5 = \left[ \frac{46,21}{22,10} \right]^{0,6} \times \left[ \frac{30}{9,8} \right]^{1,4} = 7,455$$

#### 4.2.4 Faktor Pengelolaan Tanaman dan Konservasi Tanah (C,P)

Faktor pengelolaan tanaman (C) merupakan perbandingan antara erosi tanah dan lahan yang diusahakan untuk suatu tanaman yang dilanami searah dengan lereng terhadap erosi dari lahan lain yang terus menerus dalam keadaan tanah diolah tetapi tidak dilanami, dimana keadaan faktor-faktor lainnya sama.

Faktor konservasi tanah (P) merupakan perbandingan antar jumlah tanah tereosi pada keadaan lahan dimana diterapkan tindakan konservasi tanah terhadap jumlah pola penanaman searah kemiringan lereng. Jadi faktor C dan P menunjukkan faktor yang mewujudkan tindakan manusia dalam pengelolaan tanah.

Penilaian nilai C dan P untuk P. Jawa dapat dilihat pada tabel 4.2.2. dan tabel 4.2.3. ditunjukkan berdasarkan peta land use DKS Cisarane dan catchment area, diperoleh penggunaan lahan dengan harga CP dihitung berdasarkan prosentase luas penggunaan tanah. 1)

Tabel 4.2.2 : Perlakuan biida C dan P Dari Berbagai Jenis  
tata Bina Tanah di P. Jawa.

Jenis Penggunaan lahan	Nilai CP
- Hutan tidak terganggu tanpa undergrowth tanpa undergrowth dan seresah	0,001 0,003 0,005
- Semak tidak terganggu sebagai rumput	0,010 0,100
- Kebun campuran tahun kebonan kebun pekarangan	0,02 0,07 0,20
- Perkebunan penutup tanah sempurna ditumbuhi alang-alang membakar alang-alang 1 kali setahun jenis serai	0,01 0,02 0,06 0,065
- Tanaman Pertanaman umbi-umbi bakar biji-bijian kacang-kacangan campuran pada irigasi	0,63 0,51 0,36 0,43 0,02
- Perladangan 1 tahun tanam, 1 tahun hero 1 tahun tanam, 2 tahun hero	0,28 0,19

Label 4.2.3 : Perhitungan nilai C & P

Jenis Lahan (1)	Luas(km <sup>2</sup> ) (2)	% Luas (3)	CP (4)	(5)= (3).(4)
Hutan lebat	166,59	19,37	0,001	0,00019
Hutan sejenis	14,75	1,72	0,003	0,000052
Hutan belukar	55,17	6,42	0,005	0,000321
Perkebunan	82,08	9,54	0,01	0,000954
Kebun campuran	96,42	11,21	0,02	0,002242
Tegalan/ladang	4,88	0,57	0,20	0,00114
Sawah 1x setahun	69,98	8,14	0,02	0,001628
Sawah 2x setahun	232,93	27,04	0,02	0,005418
Perkampungan	97,83	11,38	0,20	0,02276
Lain-lain	39,37	4,56	0,07	0,003192
J u m l a h	860,00	100,00		0,0379

Dari perhitungan diatas, jika nilai CP diambil 0,0379, maka laju erosi teoritis diwilayah Parung Badak adalah :

$$\begin{aligned}
 A &= R \times K \times LS \times CP \\
 &= 1073,58 \times 0,21 \times 7,455 \times 0,379 \\
 &= 63,7 \text{ ton/ha/th} \\
 &= 3,84 \text{ mm/th} \approx 4 \text{ mm/th}
 \end{aligned}$$

Analisa sedimen berdasarkan penyelidikan sampel di lapangan yang dilakukan team hidrologi CJC dan team dari Puslitbang Air pada stasiun Batu Baulah, disimpulkan bahwa persamaan besarnya debit sedimen adalah :

$$Q_s = 0,00403 Q^{2,18}$$

dimana :  $Q_s$  = debit sedimen (ton/hari)

$Q$  = debit air (m<sup>3</sup>/det)

$BJ$  = 1,66 ton/m<sup>3</sup>

Besarnya sedimentasi dapat dihitung dari besaran debit yang tercantum dalam tabel 4.1.5. (Stasiun AWLR Batu Beulah), maka perhitungan laju erosi tahunan dapat disebarkan seperti dibawah ini :

Tabel 4.2.4 : Laju Erosi Tahunan

Tahun	Qs		Laju Erosi mm/th
	ton/th	m <sup>3</sup> /th	
1970	6128401,19	4714154,73	5,48
71	2488119,98	1913938,42	2,23
72	2889413,44	2222629,73	2,58
73	5159289,21	3968684,01	4,61
74	4235927,53	3250405,79	3,79
75	2810053,73	2161579,79	2,51
76	1935790,18	1489069,37	1,73
77	3171947,90	2439759,92	2,84
78	3274212,33	2518624,87	2,93
79	3218856,17	2476043,21	2,88
1980	3275638,44	2519721,88	2,93
81	4031042,71	3100802,08	3,61
82	1707517,73	1313475,18	1,53
83	3855336,51	1042566,55	1,21
84	2059454,70	1584195,92	1,84
85	2562453,48	1971118,06	2,29
	Rata-rata		2,81

Hasil ini lebih kecil dari cara teoritis, maka untuk perencanaan dipergunakan yang lebih besar ialah 4,0 mm/tahun, luas catchmen area 860 km<sup>2</sup>.

#### 4.3 Analisa Hidrolika Power Stasion

##### 4.3.1 Penentuan Elevasi

Dari hasil perhitungan sebelumnya, dapat diperoleh elevasi-elevasi muka air yang tertampung di dalam waduk. Ketinggian minimum reservoir saat dioperasikan

yaitu minimum operating level dipilih berdasarkan tingkat sedimentasi. Ukuran inflow sedimen diperhitungkan bahwa tingkat endapan rata-rata per tahun sebesar 4 mm/tahun, dan total akumulasi selama 50 tahun pada catchment area 860 km<sup>2</sup> adalah :

$$\begin{aligned} Vol &= 0,004 \text{ m/th} \times 860.10^6 \text{ m}^2 \times 50 \text{ th} \\ &= 172.10^6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

dari grafik 4.1.4 didapat tinggi elevasi + 145,50 m. Muka air normal ditentukan berdasarkan perjumlahan volume sedimen dan volume tampungan waduk yaitu :

$$\begin{aligned} Vol(m.a.n) &= 172.10^6 + 461,988.10^6 \\ &= 633,988.10^6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

dari grafik 4.1.4 didapat ketinggian elevasi + 165,10 m. Sedangkan muka air banjir merupakan volume yang dapat ditampung pada saat pintu tertutup penuh. Diduga pengendapan terjadi dipelataran reservoir dan inflow sedimen sepenuhnya terperangkap dalam reservoir, dengan demikian ketinggian sedimentasi + 145,50 m sama dengan ketinggian endapan. Ketinggian air maksimum direservoir berada pada elevasi + 165 m.

Karena itu disain waduk Parung Badak dan skema reservoir didasarkan atas skala pengembangan berikut ini :

FSL	: el. + 165,0 m
MOL	: el. + 145,5 m
Mercu dam	: el. + 171,0 m

#### 4.3.2 Perhitungan Hidroliks Mercu

##### 1. Perhitungan Kapasitas Pelimpah Tanpa Pintu

Perhitungan kapasitas pelimpah tanpa pintu pengatur dan rumus yang digunakan dalam menghitung debit yang melewati pelimpah adalah sebagai berikut :

$$Q = C_d L H^{3/2}$$

dimana :

Q = debit

C = Koefisien limpahan

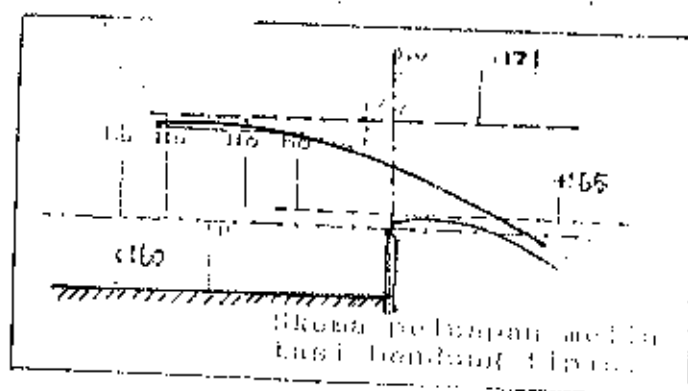
L = Lebar efektif Mercu Bendungan

H = Total tinggi tekanan air diatas mercu bendungan termasuk tinggi tekanan keopatan aliran pada saluran pengarah aliran.

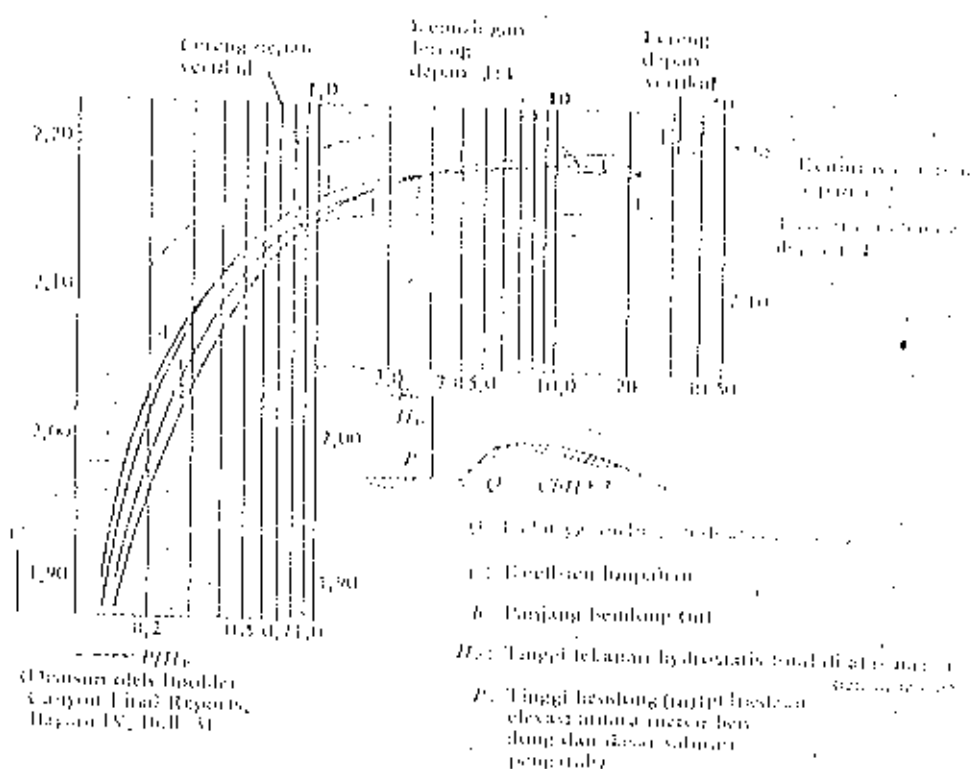
Penentuan harga dari koefisien limpahan pada pelimpah dipengaruhi oleh faktor-faktor antara lain :

1. kedalaman air dalam saluran pengarah aliran
2. kemiringan lereng udik / upstream pelimpah
3. tinggi air diatas mercu
4. perbedaan antara tinggi air rencana pada saluran pengarah aliran yang bersangkutan.

Seringnya dalam menentukan debit yang melimpah diatas mercu, dicari dulu dimensi dari pelimpah secara berurutan kemudian dicari masing-masing secara berentak.



"I don't think it's a coincidence."



Gambar 4.7: Konflik lahan antara Waru Heritage Zone dengan lahan



$P/H_0 = 5/6 = 0,83$  ; dari grafik diatas didapat nilai  $C = 2,106$  (lereng upstream  $1:1$  ;

lebar ambang :  $B = 110$  m

$Q = 100,98$  m dituliskan menjadi  $110$  m

## 2. Menentukan Tinggi Air Efektif Diatas Ambang

Tinggi air pada saluran pengarah aliran, adalah tinggi permukaan air pada saluran pengarah

adalah  $+167,99$  m di atas  $165$  m :

$d = 167,99 - 165 = 2,99$  m

$A = 2,99 \times 110 = 328,90$  m

$V = Q/A = 6251,41/328,90 = 1,795$  m/det.

$h_v = V^2/2g = 3,01$  m

Maka tekanan total diperoleh :  $+167,99 + 3,01 = +171,00$  m

dan  $d = 7,99$  m

$h_v = 3,01$  m

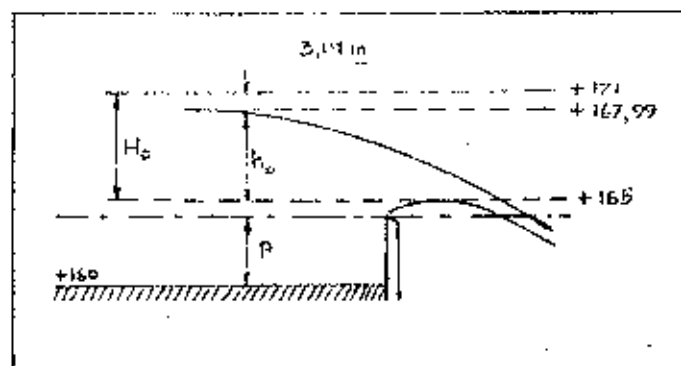
Jadi tinggi air efektif diatas mercu pelimpah adalah :

$h_0 = H_0 - h_v$

$= 6 - 3,01$

$= 2,99$  meter

Gambar 4.B : Tinggi Air Efektif Di atas Ambang



### 3. Lebar Efektif Mercu Pelimpah

$$B_{eff} = B + 2n(K_p + K_a) \cdot H_e$$

dimana :

$B_{eff}$  = lebar efektif bendung

$B$  = lebar bendung sesungguhnya

$n$  = jumlah pilar diatas merca

$K_p$  = koefisien kontraksi pilar

$K_a$  = koefisien kontraksi dinding

$H_e$  = tinggi tekanan total diatas merca

Diperhitungkan untuk jumlah pilar lima buah (masing-masing tebal 2 meter), perhatikan gambar dibawah ini untuk harga  $K_p$  dan  $K_a$  adalah

$$\frac{\text{Tinggi luapan yang terisi} = 2,57}{\text{Tinggi luapan rencana} = 6} = \frac{2,57}{6} = 0,428$$

$$\text{maka : } K_p = 0,02$$

$$K_a = 0,13$$

$$B_{eff} = 11 + 2(5)(0,02 + 0,13) \cdot 6 \\ = 107,4 \text{ meter}$$

Persamaan untuk debit pelimpah :

$$Q = 2,106 \cdot 107,3 \cdot H_e^{3/2}$$

$$Q = 223,773H_e^{3/2}$$

pada tabel 4.3.1.

#### 4. Perhitungan Kapasitas Pelimpah Dengan Pintu Pengatur

Pada pelimpah yang dilengkapi dengan pintu pengatur dimana debit yang melimpah diatas mercu diperhitungkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = 2/3 \cdot (2g)^{3/2} \cdot C \cdot B \cdot (H_1^{3/2} - H_2^{3/2})$$

dimana :  $Q$  = debit

$C$  = Koefisien debit (untuk  $d/H_1$  lebih kecil atau sama dengan 0,5)

$B$  = Lebar efektif bendung

$H_1$  = Tinggi air diatas mercu

$H_2$  = Tinggi air dikurungi bukaan pintu

Sedangkan pada pintu yang terbuka penuh, pada saat elevasi air di atas mercu belum menjangkau bagian bawah pintu ( $d/H_1 > 1$ ). Maka debit yang melimpas di atasnya diperhitungkan dengan menggunakan perhitungan seperti tanpa pintu. Untuk contoh perhitungan pada kondisi pintu terbuka sebagian sebagai berikut :

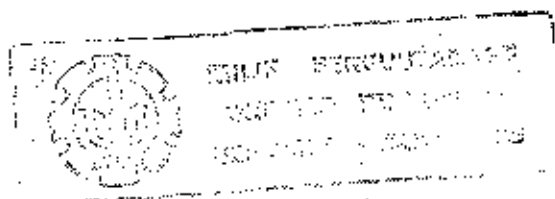
$$H_1 = 2 \text{ m}, \text{ bukaan pintu} = d = 1 \text{ m}$$

$$H_2 = H_1 - d$$

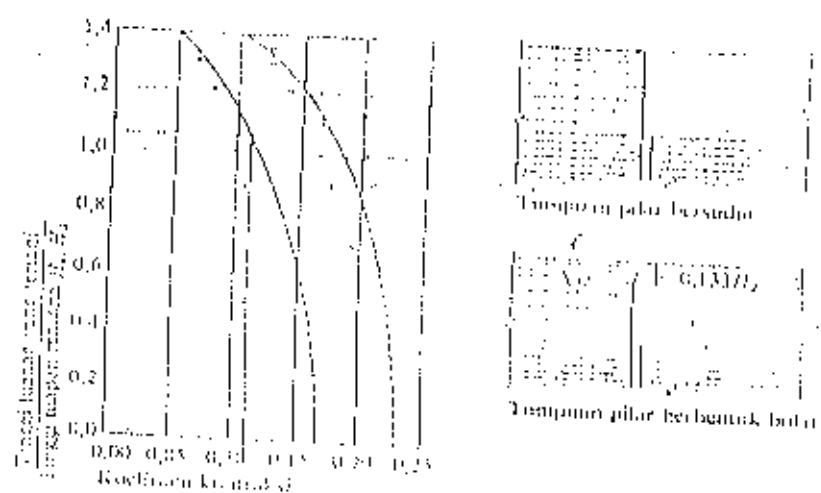
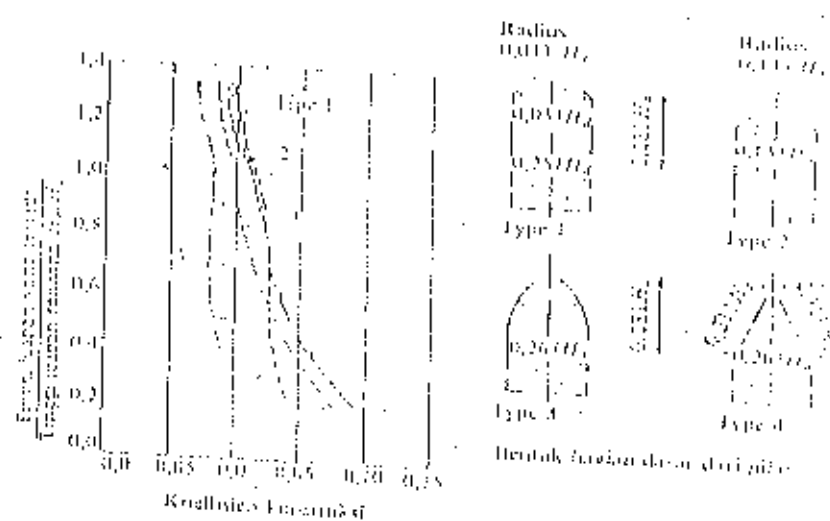
$$= 2 - 1 = 1 \text{ m}$$

$d/H_1 = 0,5$  , dari grafik pada gambar 3.4 didapat nilai untuk  $C = 0,668$  , sehingga :

$$\begin{aligned} Q &= 2/3 \sqrt{(2 \cdot 9,81)} \cdot 0,668 \cdot 107,3 (2^{3/2} - 1^{3/2}) \\ &= 380,148 \text{ m}^3/\text{dt.} \end{aligned}$$



Gambar 4.9 : Koefisien  $K_p$  dan  $K_a$



- Tumpuan pile berbentuk bulat
- Tumpuan pile berbentuk bulat

Tabel 4.3.1. : Debit pelimpahan pada berbagai bukaan pintu

		Bukaan pintu ( d )						Debit tanpa pintu pengatur
Elevasi H	1 meter	2 meter	3 meter	4 meter	5 meter	6 meter	0	
+	0	0	0	0	0	0	0	
+	166	1	0.56	126.74				231.66
+	167	2	0.57	379.58	0.60	341.45		655.23
+	168	3	0.59	504.80	0.65	477.90	0.60	442.15
+	169	4	0.65	599.52	0.67	581.81	0.60	523.60
+	170	5	0.69	682.01	0.68	670.62	0.66	649.34
+	171	6	0.73	766.15	0.69	749.74	0.67	730.04
								2.63
								739.79
								0.60
								656.70
								0.60
								656.70
								3404.69

Untuk berbagai harga bukaan pintu dan untuk berbagai harga  $H_1$  dapat dilihat pada Tabel 4.3.2.

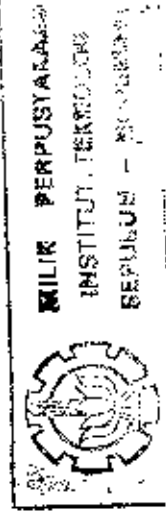
Dengan adanya pintu pengatur maka outflow dapat diatur sehingga outflow dapat mengimbangi debit inflow yang terjadi serta tidak akan menyebabkan banjir pada downstream pelimpah.

Disamping itu dengan dipasangnya pintu pengatur, maka volume air yang ditampung diwaduk dapat bertambah karena apabila elv. puncak pintu = elv. pintu + tinggi air

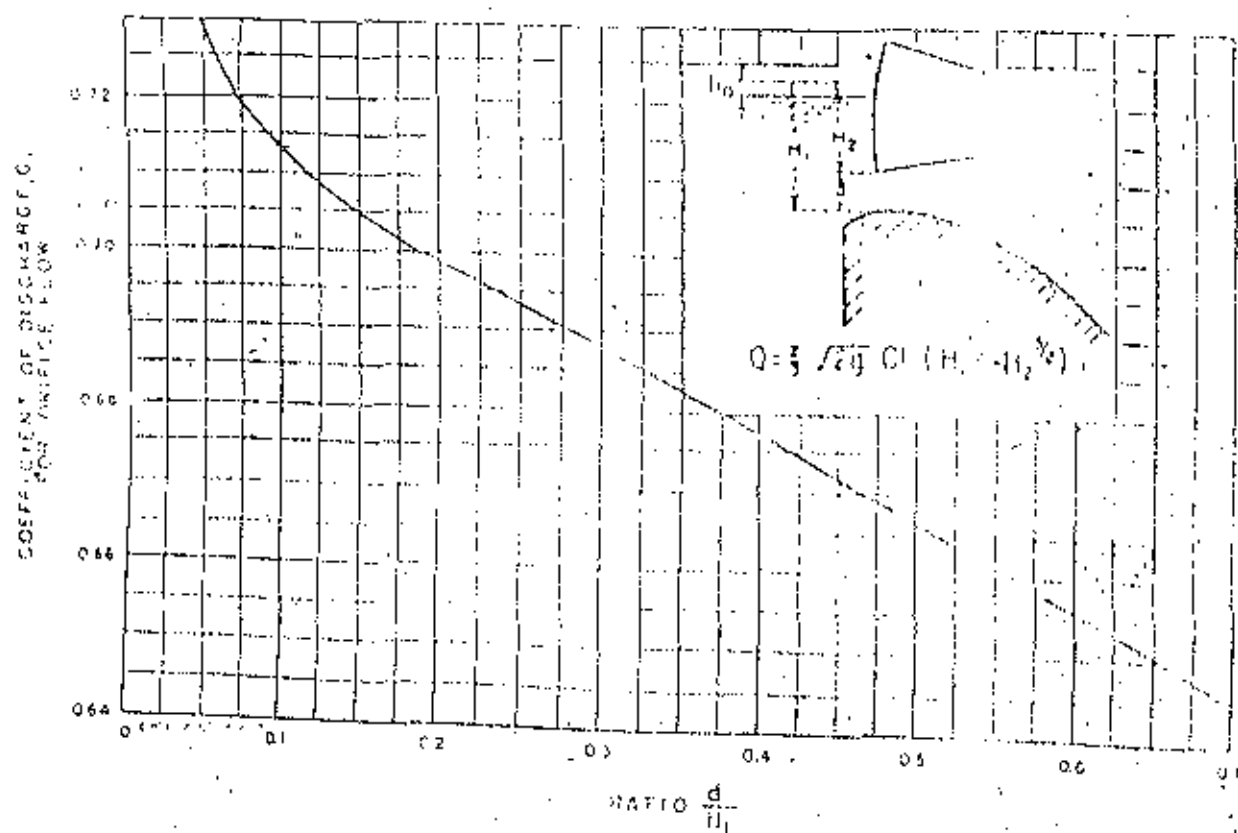
$$= 165 + 6 + 171 \text{ m}$$

$$\text{vol. dalam waduk} = 946,37 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Dengan adanya pintu maka kebutuhan air untuk irigasi dapat dilayani dengan sistem gravitasi.



Gambar 4.10 : Koefisien Buatan Pintu



### 5. Inflow - Outflow Pada Pelimpah

#### ( Flood Routing )

Flood routing adalah penyelidikan perjalanan banjir yang digunakan untuk peramalan dan pengendalian banjir di hilir. Disamping itu tujuan lain adalah untuk mengetahui daya tampung waduk terhadap banjir rencana yang mungkin terjadi.

Persamaan Kontinuitas yang umum dalam penelusuran banjir adalah sebagai berikut :

$$\frac{dS}{dt} = I - Q$$

dimana :

I = debit inflow

Q = debit outflow

S = besar tampungan

dt = periode penelusuran

Kalau penelusuran diubah dari dt menjadi  $\Delta t$  maka

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t + \left( S_1 - \frac{Q_1}{2} \Delta t \right) = \left( S_2 + \frac{Q_2}{2} \Delta t \right)$$

atau

$$\frac{I_1 + I_2}{2} + \left( \frac{S_1}{\Delta t} - \frac{Q_1}{2} \right) = \left( \frac{S_2}{\Delta t} + \frac{Q_2}{2} \right)$$

Bila diambil nilai :

$$\phi = \frac{S_2}{\Delta t} + \frac{Q_2}{2}$$

$$\psi = \frac{S_1}{\Delta t} - \frac{Q_1}{2}$$

IV.





Hasil didapat :

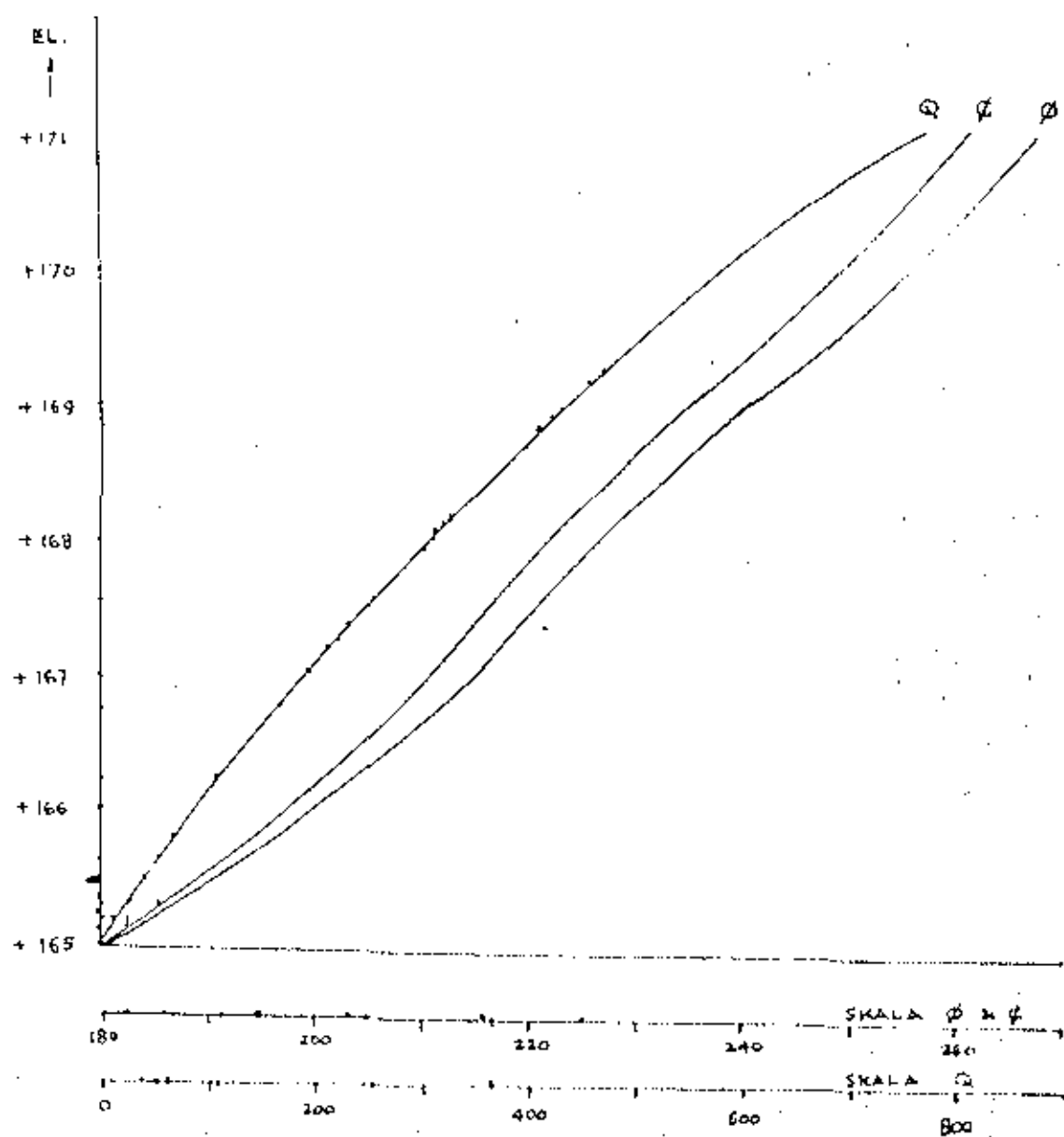
$$Q = \frac{(11 + 12)}{2} + Q$$

11 dan 12 diketahui dari hidrograph banjir yang masuk ke waduk jika periode penelusran 2t telah ditentukan. S1 merupakan tampungan waduk pada permulaan penelusran yang dihitung dari datum fasilitas pengeluaran, sedangkan Q1 adalah debit pada permulaan periode penelusran ( 0 pada bukaan pintu ). Dari persamaan tersebut dapat dihitung antara kapasitas debit ( tampah ) ,  $Q$  ,  $Q$  dari hasil perhitungan pada tabel 4.11 dan gambar 4.11.

Tabel 4.11 : Hidrograph banjir  $Q$ ,  $Q$  dan  $Q$

t ( jam )	Q ( m <sup>3</sup> /det )	Q/2 ( m <sup>3</sup> /det )	S ( m <sup>3</sup> /det )	Q ( m <sup>3</sup> /det )	Q ( m <sup>3</sup> /det )	Q ( m <sup>3</sup> /det )
165	106,74	93,37	720,00	200,15	109,15	
167	379,50	189,79	750,00	210,86	209,17	
169	477,90	238,95	806,00	223,09	222,02	
169	581,01	290,91	842,00	233,09	232,17	
170	649,94	324,67	905,80	251,53	249,17	
171	730,04	365,02	946,40	262,03	260,13	

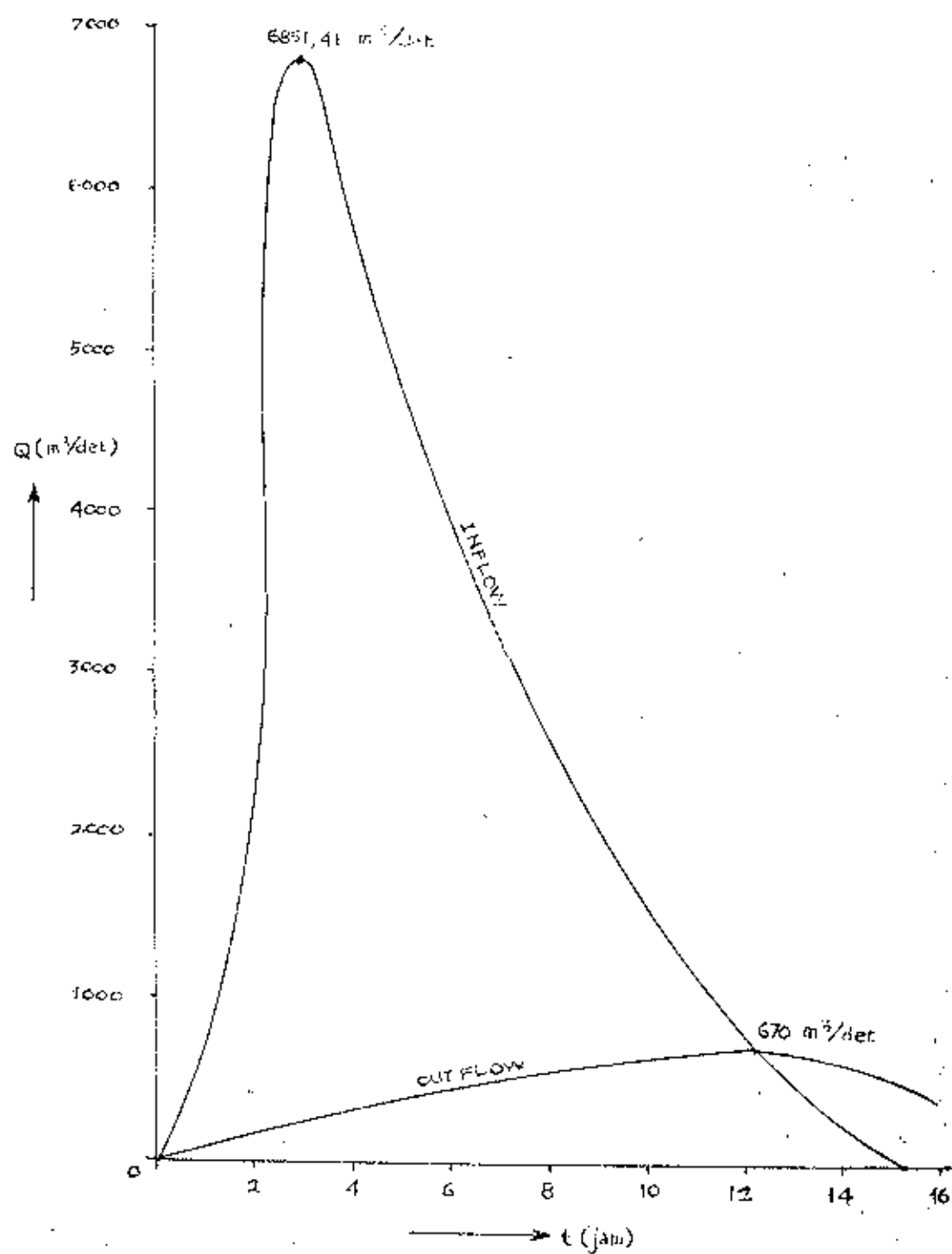
Gambar 4.11 : Hubungan antara  $Q$ ,  $q$ ,  $\phi$



Tabel 4.3.3 : Perhitungan Debit Outflow ( $\Delta t = 1$  jam)

Jam	I m <sup>3</sup> /det	$1/2(I_1 + I_2)$ m <sup>3</sup> /det	$\cdot 10^3$ m <sup>3</sup> /det	$\cdot 10^3$ m <sup>3</sup> /det	II m	Q outflow m <sup>3</sup> /det
0	32,40	-	-	-	0,25	32,4
1	1.860,96	946,58	181	181,95	0,30	42,0
2	5.563,79	3.712,38	182	185,71	0,40	60,3
3	6.851,41	6.207,60	183	189,21	0,85	180,0
4	5.563,79	6.207,60	190	196,21	1,35	200,0
5	4.570,26	5.067,04	198	203,07	1,40	315,0
6	3.659,04	4.114,66	202	206,11	1,75	390,0
7	2.927,62	3.293,33	208	211,29	1,95	420,0
8	2.305,91	2.616,77	214	216,62	2,20	490,0
9	1.800,01	2.032,96	216	218,05	2,45	530,0
10	1.342,87	1.571,44	219	220,57	2,70	570,0
11	931,44	1.137,16	219	220,13	2,95	610,0
12	622,11	776,78	220	220,77	3,05	670,0
13	321,92	472,02	218	218,47	2,50	600,0
14	116,21	219,07	217	217,22	2,40	550,0
15	32,40	74,31	215	215,74	2,10	480,0

Gambar 4.12 : Flood Routing



IV. 50



#### 4.3.3 Menentukan Jenis Turbin dan Power House

Turbin-turbin hidraulik berhubungan erat dengan jenis generator yang direncanakan, dimana fungsi utama adalah mengubah energi air menjadi energi listrik. Air mengalir ke turbin memberi tenaga pada penggerak dan dihubungkan langsung pada generator sehingga dapat menghasilkan listrik.

Jenis turbin yang digunakan di bidang teknik hidroulik pada saat ini ialah :

- Turbin Francis (1845)
- Turbin Pelton (1881)
- Turbin Baling-Balingan Kaplan (1913)
- Turbin Deriaz (1945)

Dalam usaha untuk membedakan jenis turbin yang ditinjau dari segi hidraulik yaitu dapat digolongkan seperti tekanan, ketinggian, arah aliran, jarak, kecepatan, tenaga, dan lain-lain. Salah satu contoh misalnya tinjauan hidroulik berdasarkan kecepatan tertentu, dimana penggolongan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.3.4 : Jenis-jenis Turbin

Penggerak	Rentang kecepatan putaran din sekonit, RPM)		
	Lambat	Sedang	Cepat
Pelton	5 - 15	16 - 30	31 - 70
Francis	60 - 150	151 - 250	251 - 400
Kaplan	700 - 850	151 - 700	701 - 1100

Berdasarkan perumusan empirik diatas menentukan jenis turbin, dapat dilihat dibawah ini :

1. Untuk penggerak Francis :

$$N_s = \frac{1720}{h^{1/2}}$$

2. Dewan Elektro - Teknik Jepang

$$N_s = \frac{1300}{h + 20} + 50$$

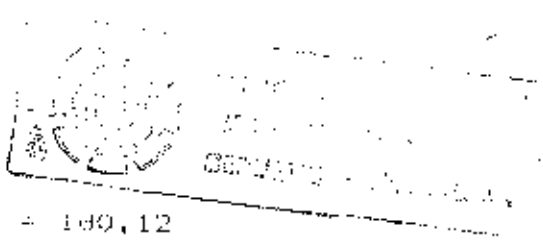
3. USSR ( Untuk tinggi turbin dari 18 m )

$$N_s = \frac{1470}{h^{1/2}}$$

Dari perumusan diatas, maka jenis turbin adalah sebagai berikut :

$$N_s = \frac{13000}{73,1+20} + 50 \text{ (dewan elektro - Teknik Jepang),}$$

$$= 189,64$$



$$Ns = \frac{1540}{73,1} \text{ (USBR) } = 100,12$$

Berdasarkan tabel diatas maka jenis turbin yang dipergunakan pada pembangkit tenaga listrik di waduk parung Badak adalah jenis turbin tipe Francis.

Lokasi power house diklasifikasikan sebagai bendungan pembangkit tenaga listrik di lembah dimana ketinggian tekanan air yang dihasilkan tergantung pada ketinggian bendungan, berkaitan dengan keadaan topografi parung Badak yang memungkinkannya maka lokasi calon power house dipilih power house tipe semi under ground.

Bagian-bagian yang penting sebuah proyek bendungan dilembah antara lain :-

- Bendungan dengan struktur perlengkapannya
- Pipa-pipa masuk dengan rak-rak, tiang-tiang, pintu, dan penopang-penopang.
- Batang-batang pipa yang menyalurkan air ke turbin dengan katup-katupnya.
- Pusat pembangkit tenaga utama dengan komponen-komponennya.

#### 4.3.4 Penentuan Diameter Pipa

Didalam menentukan diameter batang pipa (head race, penstock), dilakukan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

- Ekonomis

Dari pertimbangan ekonomis perlu suatu rancangan yang harus diusahakan untuk menemukan kesimpulan ekonomis semaksimalum mungkin dengan pertimbangan perencanaan yang matang misalnya dalam menentukan jumlah batang, biaya transportasi, biaya pemasangan. Didalam menentukan jumlah yang dipergunakan sangat tergantung dari penentuan besar diameter, maupun panjang batang tersebut.

- Usaha penyelamatan operasional.

- Fasilitas transportasi

Metode-metode yang digunakan untuk menentukan diameter batang pipa ada beberapa cara/metode, yaitu :

(1) Dengan menggunakan rumus-rumus empiris, yang merupakan pemecahan petunjuk praktis yang disederhanakan berdasar pengalaman yang mungkin tidak cocok dengan kondisi yang berbeda. Rumus tersebut adalah sebagai berikut :

Rumus Sarkaria :

$$D = 0.62 \frac{p0.35}{H0.65}$$

Dimana : D = diameter batang pipa dalam m

P =  $\mu p$  yang dipindahkan dalam pipa

H = Kepala maksimum pada ujung batang pipa dalam m



Rumus USBR (United States Bureau Of Reclamation)

$$V = 0,178 \left( \frac{R}{m} \right)^{1/2}$$

Dimana :  $V$  = kecepatan optima dalam m/det.

$R$  = Radius yang berlinggi maksimum dalam m

## (2) Pendekatan Analitis

Masalah diameter yang ekonomis diperkirakan dengan membuat pernyataan tentang biaya tahunan, secara matematik, dikerjakan dengan persamaan dideferensial sama dengan nol sehingga didapat diameter yang optimal. Prosedur tersebut sebagai berikut :

Dimana  $C_1$  = Biaya tahunan energi yang susut dalam geseran

$C_2$  = Biaya tahunan yang sesuai dengan diameter

Maka kondisi yang optimal ialah :

$$\frac{d(C_1 + C_2)}{dD} = 0 \dots \dots \dots (2-1)$$

Jika  $C_1 = K_1 D^m$  dan  $C_2 = K_2 D^n$  (dimana  $K_1$  dan  $K_2$  konstan)

maka :

$$\frac{d}{dD} (K_1 D^m + K_2 D^n) = 0$$

$$K_1 m D^{m-1} + K_2 n D^{n-1} = 0$$

$$D = \left( - \frac{K_1 m}{K_2 n} \right)^{1/(n-m)} \dots \dots \dots (2-2)$$

Karena nilai/harga  $m$  selalu negatif maka hasil akan selalu mempunyai nilai positif.

Karena panjang batang pipa merupakan faktor umum, maka yang dipertimbangkan hanya sebuah panjang unit untuk dihitung seperti berikut :

## IV. D



- Untuk menentukan nilai  $k_1$  dan  $m$  bahwa :

$$\begin{array}{lcl} \text{Energi yang susur} & & \text{Kehilangan daya dalam} \\ \text{dalam geseran se-} & = & \text{KWh x rata-rata masa} \\ \text{tiap tahun dalam} & & \text{putar turbin} \\ \text{KWh} & & \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{dimana rata-rata putaran} &= \text{faktor beban } L_f \times 365 \times 24 \text{ per} \\ &\quad \text{tahun (dalam jam)} \\ &= 8760 L_f \text{ (jam)} \end{aligned}$$

dan kehilangan tenaga dalam

$$\begin{aligned} \text{geseran dalam KW} &= n_0 \frac{w Q h_f}{75} \times 0,735 \\ &= n_0 \frac{w Q}{75} \frac{f Q^3}{12,1 D^5} \times 0,736 \\ &= 0,1 n_0 \frac{f Q^3}{D^5} \end{aligned}$$

dimana :  $n_0$  = keseluruhan efisiensi turbin

$w$  = bobot spesifik air =  $1000 \text{ kg/m}^3$

Dengan demikian, kehilangan energi tiap tahun

$$\begin{aligned} \text{KWh} &= \frac{8,1 n_0 f Q^3}{D^5} \times 8760 \times L_f \\ &= 10,85 \times 10^4 n_0 \frac{f Q^3}{D^5} L_f \end{aligned}$$

Jika  $R_1$   $R_2$ /KWh merupakan harga jual energi, maka

$$\text{Biaya energi} = C_1 = 10,85 \cdot 10^4 n_0 \frac{f Q^3}{D^5} L_f \cdot R_1 \quad \begin{array}{l} \text{dalam } R_2/ \\ \text{thn tiap} \\ \text{panjang} \\ \text{unit bt pipa} \end{array}$$

$$\text{Jadi, } K_1 = 10,85 \cdot 10^4 n_0 f \cdot Q^3 \cdot L_f \cdot R_1$$

$$m = -5$$

- Untuk menentukan  $K_2$  dan  $n$  dikemukakan sebagai berikut :

Biaya tahunan  $C_2$  yang sesuai dengan diameter yang diberikan =  $(CRF) \times (\text{biaya modal batang pipa}) + \text{biaya OMR}$   
dimana CRF diketahui sebagai faktor pengembalian modal dan tergantung dari suku bunga serta pada usia proyek. Sedangkan OMR adalah biaya operasi, perawatan dan perbaikan biasa diperkirakan  $\pm 3\%$  dari biaya modal.

$$\text{Jadi } C_2 = (CRF + 0,03) \times (\text{biaya modal batang pipa})$$

Biaya modal untuk batang pipa akan tergantung pada berat baja aktual, yaitu :

$$W = (\pi D t) W_g$$

dimana  $t$  adalah tebal batang pipa dalam m dan dinyatakan dengan :

$$t = \frac{p D}{2 S_e} \text{ kira-kira}$$

$$\text{Jadi } W = W_g \frac{p D^2}{2 S_n} \text{ ton}$$

dimana :

$$W_g = \text{bobot unit baja dalam ton/m}^3$$

$$= 7,85 \text{ ton/m}^3$$

$$p = \text{tebal pipa dalam mm} \quad S_n = \text{tegangan dalam pipa kg/cm}^2$$

$$S_e = \text{tegangan yang direkomendasikan}$$

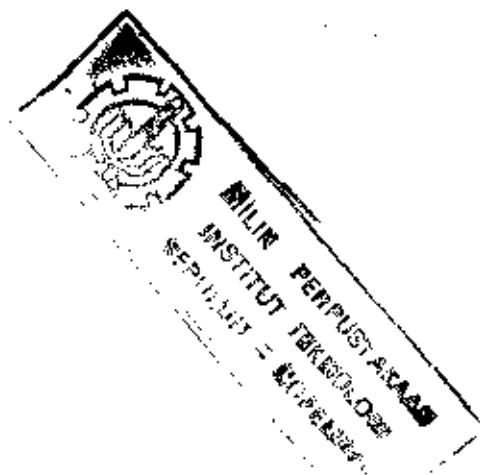
$$S_n = \text{tegangan nominal}$$

misal :

$$p = 10 \text{ mm} \quad S_n = 1000 \text{ kg/cm}^2$$

$$S_e = 1000 \text{ kg/cm}^2$$

$$2 \times 0,85$$



$$= 14,50$$

Mayor modal yang akan digunakan untuk pipa adalah:

$$= 14,50 \times 10^3 \text{ Rp (rupiah, Rp)}$$

maka :

$$C_2 = 14,50 \times \frac{P}{S} D^2 R_2 (CRF + 0,03)$$

Karena itu,  $K_2 = 14,50 \times \frac{P}{S} R_2 (CRF + 0,03)$

$$n = 2$$

Jadi dapatlah dihitung bahwa diameter (D) yang paling ekonomis, dengan menggunakan nilai n menjadi :

$$D = \left( \frac{5K_1}{2K_2} \right)^{\frac{1}{n-1}} \dots\dots\dots (2-3)$$

Dengan demikian diatas dapat dihitung diameter pipa penstock dengan ketentuan sebagai berikut :

Pada studi PLTA waduk Parung Badak direncanakan debit aliran pada pipa sebesar 60,0 m<sup>3</sup>/det melalui batang pipa yang mempunyai gesekan 0,016 ukuran maksimum kepala batang pipa sebesar 50 kg/cm<sup>2</sup> dan kelebaran tekanan 20 %, Lekanannya 3000 kg/cm<sup>2</sup> (data pabrik pembuat). Diperkirakan bahwa harga batang pipa siap diok-asi seharga Rp. 200.000,00 per ton. Adapun usia proyek diperkirakan 50 tahun dengan suku bunga 12 % diisualkan dengan harga jual atas dasar Rp 0,03/KWh dengan tarif tenaga UMR 5%, efisiensi turbin 90%, dan faktor bahan tabung 1,1.

Dari data data tersebut dapat diketahui nilai data sebagai berikut :

Dari persamaan diatas didapat :

$$K_1 = 10,85 \cdot 10^4 \cdot (1/7) \cdot (0,016)^3 \cdot (0,4)^3 \cdot R_1$$

$$K_2 = 14,5 \cdot \frac{D}{S} \cdot R_2 \cdot (0,0725 + 0,05)$$

$$p = (50 + 10) \text{ kg/cm}^2 = 60 \text{ kg/cm}^2$$

$$s = 3000 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_1 = \text{Re } 0,03 \quad R_2 = \text{Re } 850.000/\text{ton}$$

$$f = 0,016 \quad Lf = 0,4$$

$$Q = 60 \text{ m}^3/\text{det } n_0 = 90\%$$

Suku bunga 7 % dan masa proyek 30 tahun, CRF (tabel) = 0,0725

Jadi :

$$K_1 = 10,85 \cdot 10^4 \cdot (1/7) \cdot (0,016)^3 \cdot (0,4)^3 \cdot R_1$$

$$= 8,626 \cdot 10^8$$

$$K_2 = 14,5 \cdot \frac{60}{3000} \cdot 850.000 \cdot (0,0725 + 0,05)$$

$$= 30196,25$$

dimana :

$$D = \left( \frac{5 \cdot K_1}{2 \cdot K_2} \right)^{1/7} \dots \dots \dots (2-3)$$

$$= \left( \frac{5 \times 8,626 \cdot 10^8}{2 \times 30196,25} \right)^{1/7}$$

= 4,94 m dibulatkan menjadi 5,00 m

Dengan demikian diameter penstock direncanakan dengan diameter 5,00 m, dibangun dalam terowongan headrace ke power house dengan panjang total 5,00 m, dimana ujung dari pipa penstock bercabang dua dengan masing-masing diameter 3,00 m yang menjorok ke turbin, perhatikan gambar 4.11. Bercabangnya pipa penstock karena direncanakan akan dipasang 2 unit turbin generator, hal ini lebih lanjut akan dibahas pada bab berikutnya.

Terowongan pengambilan (headrace) dirancang sebagai terowongan tegak yang dapat memenuhi fungsi-fungsi sebagai berikut :

- (1) Mengatur aliran air ke dalam sistem pembawa. Hal ini diatur oleh pintu atau katup
- (2) Lancar mudah dan bebas pusran masuk dari air ke dalam lintasan pembawa, dimana pada mulut pemasukan dibuat serupa lonceng.
- (3) Mencegah bahan-bahan kasar masuk kedalam saluran pembawa dengan membuat instalasi penahan sampah pada mulut saluran pembawa
- (4) Tidak melakukan beban berat beban berat dari sungai kedalam saluran pembawa. Untuk hal itu ada peralatan khusus, misalnya penangkap-penangkap lumpur dan penahan lumpur, dan sebagainya.

Pipa penstock yang terbuat dari baja dengan diameter



5,00 m dibangun didalam terowongan headrace yang akan membawa plant flow ke power house. Dengan demikian terowongan headrace direncanakan harus lebih besar dari pipa penstock, yaitu dengan diameter 6,00 m yang masuk kedalam bagian upstream, dapat dilihat pada gambar 4.3.3.

Tebal pipa penstock dapat dihitung dengan perumusan empiris sebagai berikut :

$$t_{min} = \frac{D + 50}{400} + 0,15$$

dimana :

$t_{min}$  = tebal minimum pipa (cm)

D = diameter pipa 500 cm

0,15 = batas karat yang diperkenankan

maka akan didapat ketebalan dinding batang pipa, yakni sebesar :

$$t_{min} = \frac{500 + 50}{400} + 0,15 \text{ (cm)}$$

= 1,525 cm dibulatkan menjadi 1,75 cm.

Untuk menghitung tebal yang dibutuhkan dengan menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$t = \frac{p \cdot D}{2 \sigma n} + 0,15$$

dimana :

p = maksimum tekanan yang bekerja dalam pipa ( $\text{kg/cm}^2$ )

= 60  $\text{kg/cm}^2$

D = diameter pipa = 500 cm

$\sigma$  = tekanan baja yang digunakan = 3000 kg/cm<sup>2</sup>

$\eta$  = efisiensi 85 %

0,15 = batas karat yang diperkenankan

Maka tebal plat didapat sebesar :

$$t = 6,35 \text{ cm} = 2,50 \text{ inch.}$$

#### 4.3.4 Perhitungan Tinggi Tekanan Efektif

Debit yang melewati saluran head race yaitu debit outflow dari debit kontinu yang dilepasakan pada jam-jam operasi sebagai :

$$\frac{24}{B} \times 10 \text{ m}^3/\text{det} = 20 \text{ m}^3/\text{det.}$$

Kehilangan-kehilangan energi yang terjadi, adalah sebagai berikut :

1). Kehilangan energi pada saat masuk

$$h_{f1} = e_m \cdot \frac{v^2}{2g} \quad ; \text{dimana :}$$

$$= \frac{0,25 \cdot (3,06)^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$= 0,111 \text{ m}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{50,0}{174,8 \text{ s}^2}$$

$$= 3,06 \text{ m/det}$$

$$e_m = 0,25 \text{ (standart)}$$

$$g = 9,8 \text{ m/det}^2$$

2). Kehilangan pada kisi-kisi atau rak-rak

$$h_{f2} = \frac{C \cdot v^2}{2g} \quad ; \text{dimana : } C = 0,5 \cdot (s/b)^{4/3} \cdot \sin \delta$$

$$= 1,8(0,25/15)^{4/3} \cdot 0,9$$

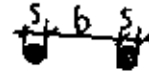
$$= \frac{2,8 \cdot (3,06)^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$= 2,8$$



$$= 1,33 \text{ m}$$

dimana :



$$\begin{aligned} \beta \text{ diambil bulat} &= 1,1 \\ S &= 0,25 \text{ cm} \\ L &= 15 \text{ cm} \\ \delta &= 60^\circ \end{aligned}$$

3). Kehilangan pada tikungan

$$\begin{aligned} hf3 &= \frac{K_b \cdot v^2}{2g} \\ &= \frac{0,7 \cdot (3,06)^2}{2 \cdot 9,8} \\ &= 0,33 \text{ m} \end{aligned}$$

dimana :

$$\begin{aligned} K_b &= \sin^2 \delta + 2 \sin^4 \delta \\ &= 0,7 \text{ ( dengan } \delta = 90^\circ ) \end{aligned}$$

4). Kehilangan energi sepanjang batang pipa

$$\begin{aligned} hf4 &= \frac{v^2 \cdot L}{C^2 \cdot R} \\ &= \frac{(3,06)^2 \cdot 500}{(78,9)^2 \cdot 1,25} \\ &= 0,60 \end{aligned}$$

dimana :

$$\begin{aligned} R &= \text{jari-jari hidrolis} = 1/4 D \\ C &= K \cdot R^{1/6}, K \text{ beton baja} = 76 \\ &= 76 \cdot (1,25)^{1/6} \\ &= 78,9 \end{aligned}$$

5). Kehilangan energi pada saat keluar

$$\begin{aligned} hf5 &= e_k \cdot \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,8 \cdot \frac{(3,06)^2}{2 \cdot 9,8} \\ &= 0,38 \text{ m} \end{aligned}$$

dimana :  $e_k = 0,8$



REKTORAT UNIVERSITAS  
JERUSALEM - KEMDIKBUD

Total kehilangan energi

$$\begin{aligned}\Delta H &= hf_1 + hf_2 + hf_3 + hf_4 + hf_5 \\ &= 0,11 + 1,36 + 0,21 + 0,60 + 0,38 \\ &= 2,76 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_{eff} &= H - \Delta H \\ &= 77,70 - 2,76 \\ &= 74,94 \text{ m}\end{aligned}$$

#### 4.3.5 Perhitungan Energi Listrik

Untuk menentukan daya yang dihasilkan dari generator, dipergunakan perumusan sebagai berikut :

$$P = 9,8 \cdot Q \cdot \eta \cdot H_{eff} \text{ (KW)}$$

dimana :

P = daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik (KW)

Q = debit yang dilewatkan ( $60 \text{ m}^3/\text{det}$ )

$\eta$  = efisiensi (turbin, generator, transformator) = 90%

$H_{eff}$  = tinggi jatuh efektif (74,94 m)

$$\text{Maka : } P = 9,8 \times 0,90 \times 60 \times 74,94 \text{ KW}$$

$$= 39.658 \text{ KW}$$

Dengan demikian total muatan terpasang dari stasiun tenaga listrik Parung Badak adalah 40 MW dan tenaga listrik minimal yang dihasilkan dibawah ketentuan pengoperasian secara menyeluruh, dengan demikian bahwa total kapasitas dibagi rata dengan dua unit yang masing-masing unit pembangkit listrik 20 MW dan ini cocok untuk turbin Francis vertikal.

## BAB V : ANALISA EKONOMI

### 5.1 Umum

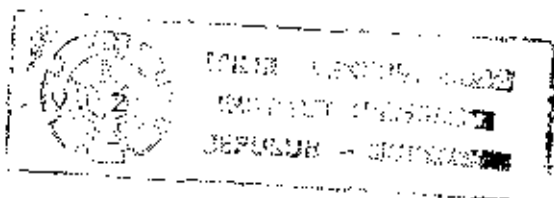
Biaya pembangunan pada skema waduk Parung Badak dihitung berdasarkan harga-harga per unit atas jumlah pekerjaan-pekerjaan pokok, pekerjaan-pekerjaan sipil seperti halnya : penggalian penanggulangan, pembetonan, dan sebagainya. Biaya perlengkapan hidrometrical dan hidroelectrical dihitung terpisah berdasarkan harga pokok atau berdasarkan harga-harga per unit dari pabrik (harga inset dari agen tunggal).

Perlu diketahui untuk biaya-biaya lainnya yang diperlukan untuk pembebasan tanah, pemukiman kembali disesuaikan dari hasil survey team Sosek.

Syarat-syarat dan perhitungan yang dipakai untuk menghitung biaya-biaya pembangunan, dapat dijelaskan sebagai berikut :

- (1) Biaya-biaya yang ada adalah biaya biaya finansial atas tarif harga pada saat survey dan disesuaikan berdasarkan bunga tahunan hingga tahun ini.
- (2) Nilai tukar mata uang asing ke domestik adalah sebesar  
 $US \$ 1.00 = Rp. 2025,00.$

- (3) Dengan suatu asumsi bahwa pembangunan dilakukan diatas sebuah kontrak melalui tender international.
- (4) Harga-harga per unit yang dipakai mencakup biaya-biaya material, peralatan dan perlengkapan termasuk suku cadang, operator-operator, para teknisi, pekerja-pekerja para kontraktor, profit dan pajak-pajak. Namun harga ini tidak termasuk pajak penambahan nilai (PPN).
- (5) Biaya administrasi pemerintahan dan mesin-mesin digabung dan dihitung 15 % dari total biaya pembangunan.
- (6) Hal-hal yang terduga yang mungkin terjadi atas ketidakpastian kerjaan atau kesulitan pekerjaan, ini ditentukan sebesar 10 % dari total pembangunan setelah point (5) diperhitungkan yaitu biaya-biaya administrasi dan mesin.
- (7) Biaya-biaya ini akan menjadi rusak akibat nilai tukar mata uang asing (US \$) dan domestik disebabkan konversi nilai uang atas nilai ekonomi, demikian pernyataan analisa ekonomi.
- (8) Biaya kapital fasilitas pembangkit listrik tenaga air berdasarkan atas jumlah dan harga-harga per unit. Untuk pekerjaan sipil dan harga-harga yang diperoleh dari pabrik-parik dan lapangan atas perlengkapan maka harga-harga yang dialokasikan pada fasilitas pembangkit listrik tenaga air adalah merupakan harga yang dapat dipisahkan atau digabung dengan harga dari



pekerjaan lain seandainya apabila fasilitas PLTA tidak dimasukkan didalam proyek ini.

Harga-harga per unit dalam anggaran ini berpedoman pada harga yang pernah terjadi pada tender-tender besar proyek-proyek waduk raksasa di Indonesia, seperti halnya pada Proyek Way Rarem, Saguling, Wadas Lintang, Cirata, dan Proyek Kedung Umbo, sehingga semua quota harga pada perkiraan anggaran pembangunan proyek pembangkit listrik tenaga air Parung Badak merupakan harga finansial yang didasarkan pada harga pasar yang pernah terjadi pada proyek-proyek tersebut di atas dan dinyatakan dalam \$ US yang saat ini masih dapat dipakai sebagai patokan standard.

## 5.2 Jadwal Waktu Pembangunan

Sebelum menghitung berapa besar anggaran yang diperlukan untuk pembangunan PLTA Parung Badak, terlebih dulu dibahas pekerjaan-pekerjaan pokok dalam pembangunan tersebut yang dapat dipisahkan menjadi tiga paket pekerjaan-pekerjaan pokok yang meliputi antara lain :

- (1) Pekerjaan Sipil yang mencakup pekerjaan pembuatan waduk, spillway, sistem pengalihan sungai, power house, dan sebagainya.
- (2) Instalasi-instalasi hidromechanical, seperti pintu-pintu, katup-katup.

(3) Instalasi instalasi hidroelectrical , seperti turbin, generator hingga sampai jalur transmisi.

### 5.3 Biaya Pembangunan

Biaya pembangunan untuk pekerjaan khususnya pada pembangunan pembangkit listrik tenaga air di waduk Parung Badak, pada tabel 5.3.1 dibawah ini :



Tabel 5.3.1 : Rekapitulasi Biaya Proyek

No. Urut	Jenis Pekerjaan	Total US \$ x 10 <sup>3</sup>
	<b>I DAM DAN OUTLET</b>	
1	Persiapan	6,630
2	Pengalihan Sungai	11,264
3	Coffer dan cofferdam	7,587
4	Main dam	140,317
5	Saddle dam No. 1	2,080
6	Saddle dam No. 2	24,755
7	Saddle dam No. 3	11,705
8	Intake	1,005
9	Spillway	14,333
	<b>II Hydroelectric</b>	
10	Mechanical equipment	2,045
11	Penstock	3,072
12	Power house	1,449
13	Generating equipment	13,569
14	Electrical equipment	3,423
15	Transmission	4,947
	<b>III Biaya Lain-lain</b>	
16	Administrasi dan engineering 15 %	37,227
17	Biaya rupa-rupa dan tak terduga 10 %	28,541
	<b>Total biaya .....</b>	<b>313,949</b>



Jumlah biaya pembangunan termasuk biaya listrik dan biaya lain seperti tabel diatas sebesar US \$ 313,949 . 10<sup>3</sup> sedang lama pembangunan diperkirakan memakan waktu selama 8 tahun, dimana setelah itu PLTA Parung Badak siap operasi.

#### 5.4 Biaya Pemeliharaan dan Biaya Operasi

Biaya pemeliharaan dan biaya operasi (OM Cost) sangat diperlukan guna kelancaran operasi untuk itu perlu adanya pemeliharaan komponen-komponen pendukung, dengan harga perkiraan sebagai berikut :

- (1) Untuk pekerjaan-pekerjaan sipil, diambil 1 % dari total pembangunannya.
- (2) Untuk hidromechanical dan hidroelectrical, diambil 1,25 % dari total pembangunannya.

Tabel 5.4.1 : Biaya O & M per Tahun

Jenis Pekerjaan	Biaya Pembangunan	Biaya O & M per Tahun . 10 <sup>3</sup>
1. Pekerjaan Sipil	219,676	2,197
2. Hidromechanical equipment	2,045	0,026
3. Hidroelectric	26,460	0,331
Jumlah		2,554

## 5.5 Pendapatan Proyek (Project Benefit)

Pendapatan proyek yang diambil dari faktor listrik dari proyek PLTA Parung Badak dilakukan dengan cara studi perbandingan dari proyek-proyek besar yang telah dilaksanakan di wilayah Indonesia untuk dapat diterapkan pada proyek ini, selain data-data yang didapat dari PLN Pusat, adalah sebagai berikut :

- Pendapatan	US \$ 80,437.10 <sup>3</sup>
-Pengeluaran (O.M Cost)	US \$ 16,347.10 <sup>3</sup>
Annual Netto Benefit	US.\$ 64,062.10 <sup>3</sup> per tahun

Bunga pinjaman dari World Bank (UNDB) merupakan pinjaman lunak dengan bunga 8 % per tahun. Dengan demikian dapat dihitung benefit cost rasionya. Benefit cost ratio merupakan cara yang paling tepat dipakai untuk membandingkan beberapa pilihan proyek, dimana keuntungan adalah selisih dari pada penerimaan dan pengeluaran dalam hal ini disebut annual benefit berbanding terbalik dengan pengeluaran keseluruhan proyek. Dengan demikian BCR akan memberikan gambaran apakah proyek layak atau tidak untuk dapat dilaksanakan, perumusan adalah sebagai berikut :

$$BCR = \frac{\text{Keuntungan tahunan (benefit)}}{\text{Ongkos tahunan (cost)}}$$

dengan pertimbangan paling tidak sama dengan satu

Menghitung Proyek PLTA Parung Badak dengan data-data sebagai berikut :

- Benefit	US.\$ 64,062 .10 <sup>3</sup>
- Cost	US \$ 2,554 .10 <sup>3</sup>
- Present Value	US.\$ 313,949 .10 <sup>3</sup>
- Economic life	50 tahun
- Interest rate	8 % per tahun, maka present worth 12,2334 (tabel 5.5.1)

Maka : (nilai dalam US.\$ x 10<sup>3</sup>)

$$\text{- Present value benefit} = 64,062 \times 12,2334 = 784,039$$

$$\text{- Present value cost} = 313,949 + (2,554 \times 12,2334) = 345,193$$

$$\text{Net Present Value} = 438,846$$

Jadi BCR :

$$\text{Brutto : BCR} = \frac{784,039}{345,193} = 2,3 > 1$$

$$\text{Netto : BCR} = \frac{784,039}{313,949} = 2,50 > 1$$

Maka PLTA Parung Badak Layak untuk dilaksanakan

Table 5.5.1 : Table Interest Rate

1% Compound interest factors

Period	Compound amount of 1	Present worth of 1	Compound amount of 1 per period	Compound amount of 1 per 100	Present worth of 1 per period	Present worth of 1 per 100
	$(1 + i)^n$	$\frac{1}{(1 + i)^n}$	$\frac{(1 + i)^n - 1}{i}$	$\frac{(1 + i)^n - 1}{100i}$	$\frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i}$	$\frac{1 - (1 + i)^{-n}}{100i}$
1	1.0100	0.9901	1.00	0.0100	0.99	0.0100
2	1.0201	0.9803	2.01	0.0201	1.97	0.0201
3	1.0304	0.9706	3.03	0.0304	2.94	0.0304
4	1.0408	0.9609	4.06	0.0408	3.92	0.0408
5	1.0513	0.9513	5.10	0.0513	4.91	0.0513
6	1.0619	0.9418	6.15	0.0619	5.90	0.0619
7	1.0726	0.9324	7.21	0.0726	6.89	0.0726
8	1.0834	0.9230	8.28	0.0834	7.88	0.0834
9	1.0943	0.9137	9.36	0.0943	8.88	0.0943
10	1.1053	0.9045	10.45	0.1053	9.89	0.1053
11	1.1164	0.8954	11.55	0.1164	10.90	0.1164
12	1.1276	0.8863	12.66	0.1276	11.92	0.1276
13	1.1389	0.8773	13.78	0.1389	12.94	0.1389
14	1.1503	0.8683	14.91	0.1503	13.97	0.1503
15	1.1618	0.8594	16.05	0.1618	15.00	0.1618
16	1.1734	0.8505	17.20	0.1734	16.04	0.1734
17	1.1850	0.8416	18.36	0.1850	17.08	0.1850
18	1.1967	0.8328	19.53	0.1967	18.13	0.1967
19	1.2085	0.8240	20.71	0.2085	19.18	0.2085
20	1.2203	0.8152	21.90	0.2203	20.24	0.2203
21	1.2322	0.8065	23.10	0.2322	21.30	0.2322
22	1.2442	0.7978	24.31	0.2442	22.37	0.2442
23	1.2562	0.7891	25.53	0.2562	23.44	0.2562
24	1.2683	0.7804	26.76	0.2683	24.52	0.2683
25	1.2804	0.7717	27.99	0.2804	25.60	0.2804
26	1.2926	0.7631	29.23	0.2926	26.68	0.2926
27	1.3048	0.7544	30.48	0.3048	27.77	0.3048
28	1.3171	0.7458	31.73	0.3171	28.86	0.3171
29	1.3294	0.7372	32.99	0.3294	29.95	0.3294
30	1.3418	0.7286	34.25	0.3418	31.05	0.3418
31	1.3542	0.7200	35.52	0.3542	32.15	0.3542
32	1.3666	0.7114	36.79	0.3666	33.25	0.3666
33	1.3791	0.7028	38.07	0.3791	34.36	0.3791
34	1.3916	0.6942	39.35	0.3916	35.47	0.3916
35	1.4041	0.6856	40.64	0.4041	36.58	0.4041
36	1.4166	0.6770	41.93	0.4166	37.69	0.4166
37	1.4292	0.6684	43.23	0.4292	38.80	0.4292
38	1.4418	0.6598	44.53	0.4418	39.92	0.4418
39	1.4544	0.6512	45.84	0.4544	41.03	0.4544
40	1.4670	0.6426	47.15	0.4670	42.15	0.4670
41	1.4797	0.6340	48.46	0.4797	43.27	0.4797
42	1.4924	0.6254	49.78	0.4924	44.39	0.4924
43	1.5051	0.6168	51.10	0.5051	45.51	0.5051
44	1.5178	0.6082	52.42	0.5178	46.63	0.5178
45	1.5306	0.5996	53.75	0.5306	47.75	0.5306
46	1.5434	0.5910	55.08	0.5434	48.87	0.5434
47	1.5562	0.5824	56.41	0.5562	49.99	0.5562
48	1.5690	0.5738	57.74	0.5690	51.11	0.5690
49	1.5818	0.5652	59.08	0.5818	52.23	0.5818
50	1.5946	0.5566	60.41	0.5946	53.35	0.5946
51	1.6074	0.5480	61.75	0.6074	54.47	0.6074
52	1.6202	0.5394	63.09	0.6202	55.59	0.6202
53	1.6330	0.5308	64.43	0.6330	56.71	0.6330
54	1.6458	0.5222	65.77	0.6458	57.83	0.6458
55	1.6586	0.5136	67.11	0.6586	58.95	0.6586
56	1.6714	0.5050	68.45	0.6714	60.07	0.6714
57	1.6842	0.4964	69.79	0.6842	61.19	0.6842
58	1.6970	0.4878	71.13	0.6970	62.31	0.6970
59	1.7098	0.4792	72.47	0.7098	63.43	0.7098
60	1.7226	0.4706	73.81	0.7226	64.55	0.7226

12% Compound interest factors

Period	Compound amount of 1	Present worth of 1	Compound amount of 1 per period	Compound amount of 1 per 100	Present worth of 1 per period	Present worth of 1 per 100
	$(1 + i)^n$	$\frac{1}{(1 + i)^n}$	$\frac{(1 + i)^n - 1}{i}$	$\frac{(1 + i)^n - 1}{100i}$	$\frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i}$	$\frac{1 - (1 + i)^{-n}}{100i}$
1	1.1200	0.8929	1.00	0.0100	0.89	0.0100
2	1.2544	0.7971	2.12	0.0212	1.59	0.0212
3	1.4049	0.7118	3.37	0.0337	2.36	0.0337
4	1.5748	0.6355	4.76	0.0476	3.21	0.0476
5	1.7678	0.5668	6.25	0.0625	4.13	0.0625
6	1.9802	0.5050	7.91	0.0791	5.12	0.0791
7	2.2144	0.4500	9.79	0.0979	6.19	0.0979
8	2.4750	0.4013	11.86	0.1186	7.35	0.1186
9	2.7656	0.3584	14.11	0.1411	8.59	0.1411
10	3.0918	0.3206	16.54	0.1654	9.92	0.1654
11	3.4584	0.2879	19.16	0.1916	11.34	0.1916
12	3.8708	0.2594	21.98	0.2198	12.85	0.2198
13	4.3344	0.2347	25.01	0.2501	14.45	0.2501
14	4.8548	0.2081	28.25	0.2825	16.15	0.2825
15	5.4374	0.1858	31.71	0.3171	17.95	0.3171
16	6.0886	0.1664	35.41	0.3541	19.85	0.3541
17	6.8144	0.1494	39.36	0.3936	21.85	0.3936
18	7.6224	0.1344	43.58	0.4358	23.95	0.4358
19	8.5192	0.1211	48.09	0.4809	26.15	0.4809
20	9.5024	0.1091	52.89	0.5289	28.45	0.5289
21	1.0588	0.0981	57.99	0.5799	30.85	0.5799
22	1.1800	0.0880	63.41	0.6341	33.35	0.6341
23	1.3176	0.0787	69.16	0.6916	35.95	0.6916
24	1.4736	0.0701	75.26	0.7526	38.65	0.7526
25	1.6504	0.0621	81.73	0.8173	41.45	0.8173
26	1.8512	0.0547	88.59	0.8859	44.35	0.8859
27	2.0808	0.0480	95.85	0.9585	47.35	0.9585
28	2.3448	0.0420	103.53	1.0353	50.45	1.0353
29	2.6488	0.0367	111.66	1.1166	53.65	1.1166
30	2.9984	0.0320	120.27	1.2027	56.95	1.2027
31	3.3984	0.0279	129.48	1.2948	60.35	1.2948
32	3.8544	0.0244	139.31	1.3931	63.85	1.3931
33	4.3728	0.0214	149.78	1.4978	67.45	1.4978
34	4.9504	0.0189	160.91	1.6091	71.15	1.6091
35	5.5944	0.0168	172.73	1.7273	74.95	1.7273
36	6.3120	0.0151	185.27	1.8527	78.85	1.8527
37	7.1104	0.0137	198.56	1.9856	82.85	1.9856
38	7.9968	0.0125	212.63	2.1263	86.95	2.1263
39	8.9776	0.0114	227.50	2.2750	91.15	2.2750
40	10.0608	0.0104	243.20	2.4320	95.45	2.4320
41	11.2640	0.0095	259.76	2.5976	99.85	2.5976
42	12.5952	0.0087	277.21	2.7721	104.35	2.7721
43	14.0624	0.0080	295.58	2.9558	108.95	2.9558
44	15.6736	0.0073	314.91	3.1491	113.65	3.1491
45	17.4368	0.0067	335.23	3.3523	118.45	3.3523
46	19.3592	0.0061	356.58	3.5658	123.35	3.5658
47	21.4480	0.0056	378.99	3.7899	128.35	3.7899
48	23.7008	0.0051	402.49	4.0249	133.45	4.0249
49	26.1344	0.0046	427.01	4.2701	138.65	4.2701
50	28.7568	0.0042	452.58	4.5258	143.95	4.5258
51	31.5744	0.0038	479.24	4.7924	149.35	4.7924
52	34.6032	0.0034	507.03	5.0703	154.85	5.0703
53	37.8512	0.0031	535.98	5.3598	160.45	5.3598
54	41.3344	0.0028	566.13	5.6613	166.15	5.6613
55	45.0688	0.0025	597.51	5.9751	171.95	5.9751
56	49.0704	0.0022	630.16	6.3016	177.85	6.3016
57	53.3568	0.0020	664.12	6.6412	183.85	6.6412
58	57.9440	0.0018	699.43	6.9943	189.95	6.9943
59	62.8480	0.0016	736.13	7.3613	196.15	7.3613
60	68.0848	0.0015	774.27	7.7427	202.45	7.7427

## BAB VI : KESIMPULAN

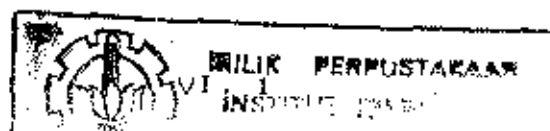
### 6.1 Kesimpulan

Bendungan Parung Badak terletak di Sungai Cisadane yaitu ± 200 m kearah utara setelah pertemuan S. Cisadane, S. Cikaniki, dan S. Cianten. Sedangkan untuk tujuan pokok dari pembangunan bendungan Parung Badak adalah :

1. Untuk menyediakan air baku sebagai pengolahan air limbah
2. Untuk air irigasi di down stream DPS Cisadane
3. Memenuhi kebutuhan air di wilayah Jakarta
4. Dipergunakan sebagai pembangkit listrik tenaga air

Di dalam memenuhi kebutuhan konsumen akan energi listrik yang selalu meningkat dari tahun ke tahun, maka dengan keberadaan Proyek Bendungan Parung Badak nantinya akan memberikan andil yang cukup besar dalam mensuplai tenaga listrik sebesar 50 MW.

Tinjauan terhadap analisa ekonomi bila direlisir pembangunan PLTA Parung Badak, masing menguntungkan karena  $BCR > 1$  dalam perhitungan tidak termasuk keuntungan-keuntungan yang dihasilkan misalnya dari air irigasi untuk pertanian, kebutuhan air untuk Jakarta maupun Serpong, dan sebagainya.



Dengan demikian dapat digaris bawahi bahwa pemerintah dalam mengusahakan dana pinjaman luar negeri untuk merealisasi pembangunan bendungan Parung Badak tidaklah susah lagi karena keuntungan-keuntungan masih bisa didapat untuk pengembalian dana pinjaman luar negeri tersebut, selain nantinya dapat menambah pendapatan baik disektor industri, pertanian, maupun kelistrikan.

## 6.2 Saran-saran

Saran-saran yang dikemukakan adalah sebagai berikut:

1. Dam Parung Badak harus segera dibangun menjelang tahun 2000 termasuk pusat pembangkit listrik hidro elektrik dengan kapasitas terpasang 50 MW.
2. Pemerintah harus menciptakan aturan yang melarang pemukiman lebih jauh atau pembangunan-pembangunan dalam wilayah yang dipergunakan sebagai tandon.
3. Pemerintah melalui penerangan dan poster-poster tentang aturan baru ini harus menjelaskan se jelas-jelasnya maksud dan tujuan Proyek Parung Badak.
4. Perlu dipikirkan masalah transmigrasi, bagi penduduk yang kena proyek.
5. Dampak lingkungan akibat proyek perlu diperhatikan.

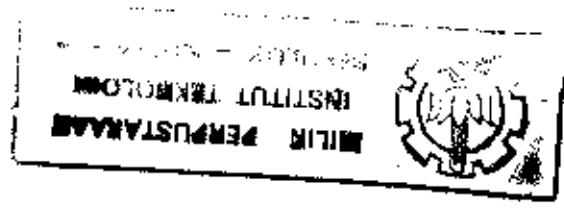
Demikian saran-saran yang dapat dikemukakan yang pada dasarnya adalah kerja sama antara instansi terkait harus berjalan dengan baik agar Proyek bendungan Parung Badak dapat terealisasi pembangunannya.

### 6.3 Penutup

Penyusunan tugas akhir ini diharapkan dapat menambah wawasan, kemampuan, dan pengetahuan penulis terutama dalam bidang Teknik Sipil. Walaupun demikian penulis menyadari masih banyak kekurangan disana-sini. Namun demikian diharapkan, apa yang tertulis di buku ini bisa berkembang dan dapat dipakai sebagai bahan perbandingan atau sebaliknya sehingga diharapkan terjadi adanya jalur tukar pikiran dan informasi di bidang Teknik Sipil, terutama pada jurusan hidroteknik. Dengan harapan agar jurusan ini dapat maju dan berkembang sesuai dengan harapan kita bersama.

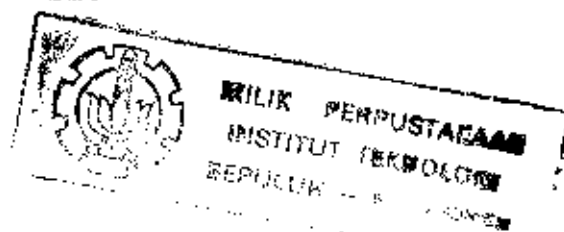
Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih pada semua pihak yang telah membantu hingga dapat diselesaikannya tugas akhir ini. Kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat diharapkan guna lebih menyempurnakan penulisan tugas akhir ini sehingga akan menjadi lebih baik dan sempurna.

Terima kasih.



## DAFTAR PUSTAKA

- (1) Chow.V.T. Handbook of Hydrology, Mc Graw Hill Book Co New York, 1964.
- (2) Suyono Sosrodarsono, Kensaku Takeda, Hidrologi untuk Pengairan, PT. Pradnya Paramita, Jakarta 1981.
- (3) Ray K. Lisley JR, Max A. Kohler, Joseph L.H Paulhus, Hydrology For Engineering, Mc. Graw Hill, Inc, 1982.
- (4) CD. Sumarto, B.I.E, Ir. Dipl HE, Hidrologi Teknik, Usaha Nasional, Surabaya 1987
- (5) Brown, JG, Hidro-Electric Engineering Practice, Vols. I, II, and III, Blackie and Son, Inc. New York, 1963.
- (6) Layout of Hydel Power Stations, ISPRVD, April, 1966.
- (7) M.M. Dandekar, K.N. Sharma, Water Power Engineering, Vikas Publisher PVT LTD, 1979.
- (8) Proyek P2SA Cisadane-Jakarta-Cibeet, Direktorat Jenderal Pengairan, Dept. PU, Kumpulan Laporan Triwulan Hidroklimatologi Wilayah CJC.
- (9) Geo Aco, PT. Penyelidikan Geologi dan Mekanika Tanah pada rencana Bendungan Parung Badak - Bogor, Jakarta 1980.
- (10) Puslitbang Pengairan, Dept. PU. Laporan Penelitian Kualitas Air Dan Sedimen Transport Sungai-Sungai Di Wilayah CJC, Jakarta 1986.





- (11) Indec And Associated LTD. Draft Prefeseability Report  
Vol. 2,6, 1986.
- (12) Paulus Nugraha, Ishak Natan, R.Sutjipto, Manajemen  
Proyek Konstruksi 1, Kartika Yudha, Surabaya 1985.
- (13) Ir. Nadjadji Anwar, MSc, Pengembangan Sumber Daya Air,  
Kartika Yudha, Surabaya 1986.



ata debit setelah diranking dari tabel 4.1.5 :

n : Q (m <sup>3</sup> /det) : n/(n+1) x 100% :			n : Q (m <sup>3</sup> /det) : n/(n+1) x 100% :			n : Q (m <sup>3</sup> /det) : n/(n+1) x 100% :		
1	149	0,552	61	84,1	33,701	121	62	66,850
2	140	1,104	62	84	34,254	122	61,9	67,403
3	140	1,657	63	82,7	34,806	123	61,4	67,955
4	139	2,209	64	82,2	35,359	124	60,1	68,508
5	132	2,762	65	81,3	35,911	125	59,4	69,060
6	131	3,314	66	80,5	36,464	126	58,4	69,613
7	130	3,867	67	80,5	37,016	127	58,2	70,165
8	130	4,419	68	80,4	37,569	128	57,2	70,718
9	125	4,972	69	80,4	38,121	129	56,9	71,270
10	122	5,524	70	79,6	38,674	130	56,6	71,823
11	120	6,077	71	79,1	39,226	131	54,7	72,375
12	118	6,629	72	78,7	39,779	132	54,0	72,928
13	118	7,182	73	78,7	40,331	133	53,8	73,480
14	118	7,734	74	77,7	40,883	134	53,6	74,033
15	116	8,287	75	77,5	41,436	135	53,3	74,585
16	113	8,839	76	76,5	41,988	136	53,2	75,138
17	113	9,392	77	75,7	42,541	137	52,7	75,690
18	113	9,944	78	75,6	43,093	138	52,4	76,243
19	112	10,49	79	75,6	43,646	139	52,1	76,795
20	111	11,04	80	75	44,198	140	50,9	77,348
21	110	11,60	81	74,9	44,751	141	50,8	77,900
22	109	12,15	82	74,6	45,303	142	50,5	78,453
23	109	12,70	83	74,1	45,856	143	50,1	79,005
24	109	13,25	84	74,1	46,408	144	49,8	79,558
25	107	13,81	85	73,8	46,961	145	48,8	80,110
26	107	14,36	86	73,7	47,513	146	46,6	80,662
27	106	14,91	87	73,6	48,066	147	43,0	81,215
28	105	15,46	88	73,2	48,618	148	42,6	81,767
29	105	16,02	89	72,8	49,171	149	42,6	82,320
30	104	16,57	90	72,6	49,723	150	42,4	82,872
31	103	17,12	91	71,6	50,275	151	41,3	83,425
32	103	17,67	92	71,4	50,828	152	41,3	83,977
33	102	18,23	93	71,2	51,381	153	40,6	84,530
34	101	18,78	94	70,8	51,933	154	39,2	85,082
35	100	19,33	95	70,6	52,486	155	36,8	85,635
36	100	19,88	96	70	53,039	156	36,3	86,187
37	99,9	20,44	97	69,8	53,591	157	34,3	86,740
38	97,5	20,99	98	69,1	54,143	158	33,9	87,292
39	97,3	21,54	99	69	54,696	159	31,8	87,845
40	96,3	22,09	100	68,8	55,248	160	31,5	88,397
41	96,0	22,65	101	68,6	55,801	161	30,2	88,950
42	95,6	23,20	102	68,6	56,353	162	30,2	89,502
43	95,5	23,75	103	68,6	56,906	163	28,6	90,055
44	95	24,30	104	67,9	57,458	164	27,3	90,607
45	93,0	24,86	105	67,5	58,011	165	26,5	91,160
46	92,5	25,41	106	66,9	58,563	166	26,4	91,712
47	92,5	25,96	107	66,8	59,116	167	25,7	92,265
48	92,4	26,51	108	66,2	59,668	168	24,3	92,817
49	92,3	27,07	109	65,6	60,220	169	25,2	93,370
50	91,1	27,62	110	65,4	60,773	170	23,1	93,922
51	90,7	28,17	111	65,3	61,325	171	21,6	94,475
52	89,1	28,72	112	65,1	61,878	172	20,7	95,027
53	88,8	29,28	113	65,0	62,430	173	18	95,580
54	88,7	29,83	114	63,6	62,983	174	16,7	96,132
55	88,7	30,38	115	63,1	63,535	175	15,7	96,685
56	88,6	30,93	116	62,9	64,088	176	15,5	97,237
57	87	31,49	117	62,7	64,640	177	14,7	97,790
58	86,8	32,04	118	62,5	65,193	178	13,8	98,342
59	85,8	32,59	119	62,4	65,745	179	12,4	98,895
60	85,0	33,14	120	62,4	66,298	180	10,7	99,447